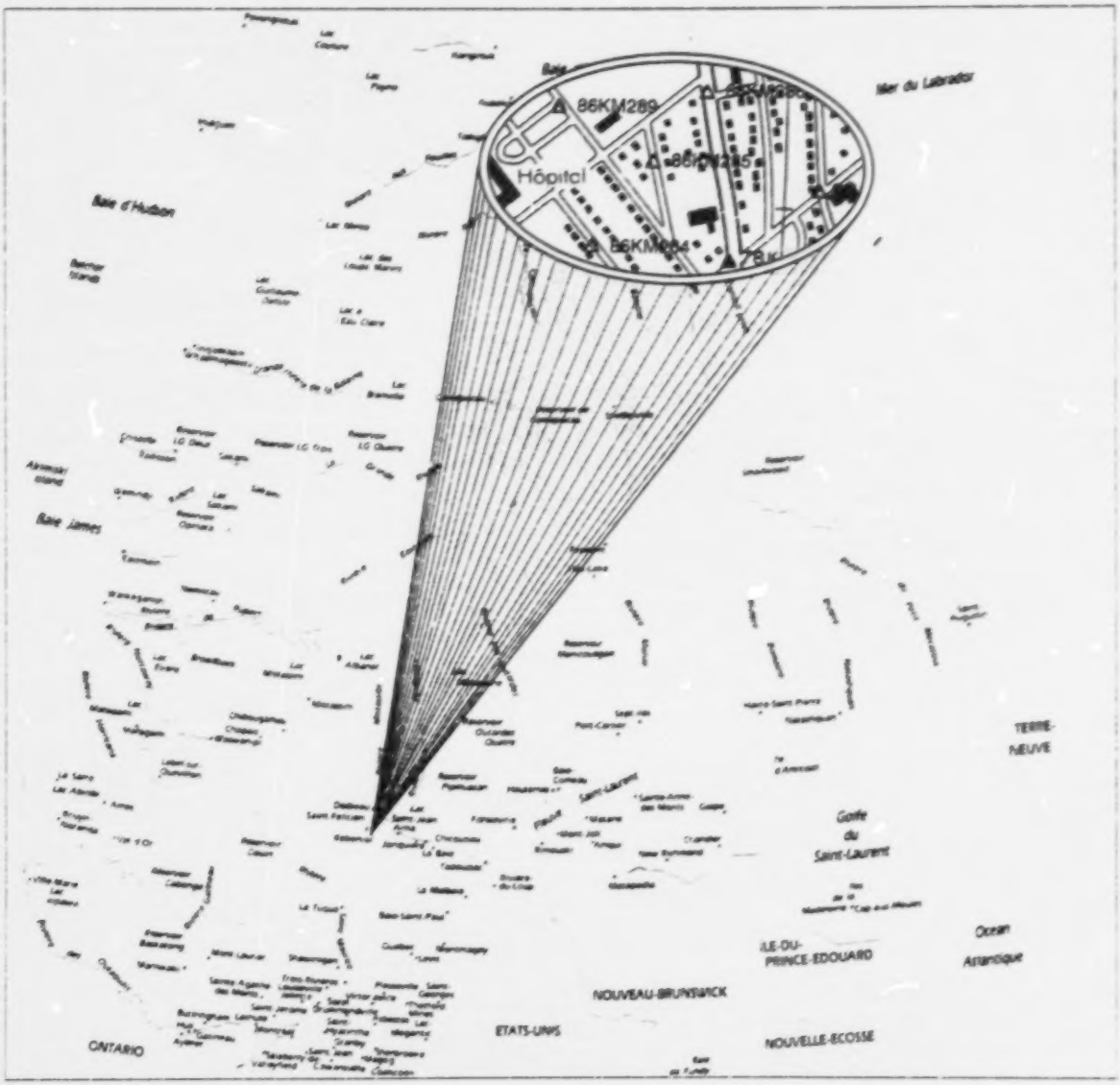
GUIDE D'UTILISATION DU RÉSEAU GÉODÉSIQUE EN MILIEU URBAIN

GÉODÉSIE



Québec

Février 1989

GUIDE D'UTILISATION
DU RÉSEAU GÉODÉSIQUE
EN MILIEU URBAIN

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des
Ressources (secteur Terres)

SERVICE DE LA GÉODÉSIE

Février 1989

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 1

INTRODUCTION 2

Chapitre 1 - Un système de référence universel 3

1.1 L'évolution de notre système géodésique 3

1.2 Une base commune pour les levés 5

1.3 Un outil de gestion et de contrôle 5

Chapitre 2 - La localisation des points sur la surface terrestre 7

2.1 Les anomalies du géoïde 8

2.2 Les coordonnées géographiques 9

2.3 Les coordonnées rectangulaires 10

2.3.1 Les différentes projections 10

2.3.2 La projection Mercator Transverse 12

2.3.3 Le SCOPQ (Système de coordonnées planes du Québec) 14

Chapitre 3 - La gestion des données du réseau géodésique québécois 19

3.1 L'équipement géodésique disponible 20

3.2 La classification des réseaux 20

3.3 La conservation et la diffusion de l'information 21

3.3.1 Les compilations cartographique des réseaux 22

3.3.2 Les fiches signalétiques 26

Chapitre 4 - L'établissement des canevas complémentaires urbains 31

4.1 La planification du projet 32

4.2 La matérialisation des points et le balisage 32

4.3 La cueillette et le traitement préliminaire des données 34

4.4 L'intégration du réseau 36

Table des matières (suite)

Chapitre 5 - Les levés de détail 38

5.1 Les techniques de levés 39

5.1.1 Levés directs à partir d'un point géodésique 39

5.1.2 Levés à partir de stations intermédiaires 40

5.1.3 Levés par intersection, relèvement et rabattement 41

5.2 La cueillette des données 43

5.3 La réduction des observations 44

5.4 Le calcul des coordonnées 46

ANNEXE 1: Transformation des coordonnées géographiques en coordonnées rectangulaires et l'inverse 48

ANNEXE 2: Calcul du nivellement trigonométrique et réduction des distances 55

ANNEXE 3: Principaux formulaires de compilation 64

ANNEXE 4: Principales caractéristiques du réseau de 4^{e} ordre urbain 69

ANNEXE 5: Signes conventionnels 71

AVANT-PROPOS

On sait qu'il existe deux types de réseaux géodésiques, soient les réseaux planimétrique et altimétrique. Le présent guide porte toutefois exclusivement sur le réseau planimétrique qui est reconnu pour sa polyvalence et qui devient ainsi la principale référence dans l'intégration des levés.

Malgré son appellation, il s'agit d'un réseau tridimensionnel qui présente une distribution uniforme de ses repères et une densité beaucoup plus grande que le réseau altimétrique. La coordonnée verticale de ses points est moins précise mais demeure suffisante pour la majorité des besoins.

Le réseau altimétrique est principalement constitué de lignes de nivellement et sa définition altimétrique est plus rigoureuse en raison de la précision de ses levés et de la stabilité verticale de ses repères. Il est principalement utilisé pour déterminer l'altimétrie des réseaux planimétriques et pour contrôler des travaux spécifiques qui requièrent des précisions de l'ordre du millimètre. Le Service de la géodésie du MER se propose d'ailleurs de préparer une autre publication dédiée spécifiquement au réseau altimétrique.

INTRODUCTION

La société moderne se préoccupe toujours davantage de la qualité de l'environnement. Pour les différents intervenants associés à l'aménagement et à la gestion du territoire, ces nouvelles exigences se traduisent par une demande sans cesse croissante d'informations. On désire également que l'information soit localisée géographiquement afin de faciliter l'intégration, la conservation et la mise à jour des données et ainsi promouvoir l'échange et la mise en relation de divers types de données.

Dans l'application de son mandat, le secteur Terres du ministère de l'Énergie et des Ressources (MER) a rapidement été sensibilisé au problème et a donc mis sur pied un vaste programme visant à améliorer et à compléter la connaissance géographique du territoire québécois. Le programme, qu'on associe à la réforme du système cadastral, prévoit la création d'une base géographique par la mise en place de trois éléments fondamentaux à partir desquels on pourra intégrer divers types de données. Ces trois éléments sont:

- un réseau géodésique permanent,
- une carte topographique à grande échelle,
- une carte de cadastre rénovée.

Le programme prévoit la collaboration des administrations municipales afin d'assurer la maintenance de la base géographique.

En favorisant l'intégration des levés de différentes natures et en faisant lui-même appel à des moyens et méthodes modernes de captage, de conservation, de traitement et de diffusion, le MER développe graduellement ses propres banques de données et contribue ainsi directement à la mise en place d'un système d'informations géographiques et foncières. Par l'entremise du programme de réforme cadastrale, le MER souhaite également voir les municipalités s'impliquer au niveau de l'intégration des levés et du développement de systèmes d'informations. Ce type de système repose sur l'utilisation d'une référence commune présentant des caractères depermanence, de stabilité et d'homogénéité. Le réseau géodésique offre cette référence par le fait qu'il se compose d'un ensemble de repères matérialisés sur le territoire et localisés dans un système unique de coordonnées.

CHAPITRE 1

UN SYSTÈME DE RÉFÉRENCE UNIVERSEL

Tel que décrit précédemment, le réseau géodésique se présente comme une référence spatiale car à l'aide de son système de coordonnées tridimensionnelles, il permet de situer dans l'espace les différents détails physiques de notre environnement. Par la relation qui existe entre les repères, le réseau permet également de mesurer la forme et les dimensions des choses et d'analyser les mouvements et les déformations.

Le réseau géodésique trouve sa référence première dans l'utilisation d'un datum géodésique composé essentiellement d'une surface de référence (ellipsoïde) et d'un réseau fondamental constitué de points primaires distants de plusieurs kilomètres. On greffe ensuite à ces éléments de base les réseaux d'ordres inférieurs (2^{e}, 3^{e} et 4^{e} ordres) afin de couvrir les parties développées de notre territoire. Les réseaux secondaires couvrent les grandes régions rurales avec des espacements moyens de 3 km, alors que les réseaux de 3^{e} et 4^{e} ordres desservent les milieux urbains avec des densités respectives de 2 et 10 repères au kilomètre carré. L'ensemble des éléments ainsi constitués forme notre système de référence géodésique.

1.1 L'ÉVOLUTION DE NOTRE SYSTÈME GÉODÉSIQUE

Les systèmes de référence actuellement en usage en Amérique du Nord sont basés sur le "North American Datum de 1927" (NAD 27). Le NAD 27 utilise l'ellipsoïde Clarke 1866 et se réfère à un premier réseau fondamental couvrant uniquement les États-Unis. Le réseau fut par la suite densifié et extensionné en territoire canadien. Comme le réseau date du début du siècle, sa densité et sa précision se trouvent caractérisées par les besoins et les moyens de l'époque.

Avec l'arrivée des télémètres électroniques et des ordinateurs de grande puissance au cours des années 60, on a pu vérifier l'exactitude du réseau fondamental et ainsi remettre en cause sa précision et son homogénéïté. Les écarts observés occasionnaient des distorsions significatives dans les levés que le réseau devait lui-même contrôler.

Au cours des années 70, le Québec a tenté d'améliorer son système de référence en densifiant le réseau fondamental et en réalisant de nouveaux ajustements. Les trois compensations réalisées entre 1972 et 1977 nous donnent le réseau unifié du Québec qu'on peut également désigner par "système géodésique québécois". Toutefois, ce système repose toujours sur le datum géodésique de 1927 et utilise même 36 points fixes localisés dans la région de Montréal. Le réseau unifié offre une amélioration appréciable en terme d'homogénéïté mais sous l'aspect précision il ne présente pas de gain significatif, vu qu'on utilise les mêmes données de base et le même datum.

À l'échelle du continent nord-américain, la démarche débuta par une évaluation systématique du système de référence géodésique appuyé sur NAD 27. En 1978, il était convenu entre les États-Unis et le Canada de réaliser une nouvelle compensation du réseau fondamental. L'objectif était de proposer un nouveau système continental qui pourrait répondre aux besoins toujours plus exigeants de notre société et qui serait compatible avec l'utilisation des nouveaux instruments de mesure et de positionnement. On décida ainsi d'asseoir le nouveau système sur un ellipsoïde géocentrique (GRS 80) et de mettre à contribution les mesures réalisées au cours des années 70 et 80.

Le nouveau système, portant l'appellation NAD 83, sera définitivement plus rigoureux et permettra une exploitation simplifiée de la technique de positionnement spatial (à l'aide des satellites). Le NAD 83 doit normalement devenir accessible aux usagers à partir de 1990.

1.2 UNE BASE COMMUNE POUR LES LEVÉS

L'objectif premier associé à l'utilisation d'un système de référence géodésique est d'offrir une base commune à partir de laquelle toute autre donnée ou information pourra être recueillie, traitée et diffusée.

Si on utilise l'exemple du programme de réforme cadastrale, le réseau géodésique se présente comme le premier élément qui permet d'asseoir les travaux de cartographie et de rénovation cadastrale. Suite à ces travaux, le réseau géodésique devient l'outil par excellence pour assurer le contrôle et l'intégration de tous les levés, qu'ils soient associés au morcellement foncier, à l'urbanisme, au génie, à la fiscalité ou aux services publics.

De façon plus spécifique et comme référence spatiale, le système géodésique permet également:

[] de simplifier et d'accélérer le processus de cueillette et de validation des données;

[] de recourir plus facilement à l'informatique pour le traitement, la conservation et la diffusion des données;

[] de favoriser l'échange de données et ainsi d'harmoniser des éléments d'information de différentes natures.

1.3 UN OUTIL DE GESTION ET DE CONTRÔLE

Tel que démontré précédemment, les territoires urbains se présentent comme des milieux très dynamiques et très actifs où quotidiennement on produit des quantités phénoménales de données qu'on doit traiter et conserver. Comme on désire accroître l'efficacité des administrations, les différents intervenants (gouvernements, compagnies de services, firmes privées, professionnels, etc.) cherchent un accès rapide à des données qui soient précises, actuelles et homogènes. On désire également mettre ces données en relation les unes avec les autres afin de pouvoir analyser des situations par comparaisons, simulations ou autrement.

La référence spatiale devient ici encore l'outil privilégié car elle permet d'asseoir et de contrôler tous les travaux de levés et de cartographie. Par l'usage d'un système unique de coordonnées, elle favorise la libre circulation des données et assure la compatibilité des informations qui y sont intégrées.

Si on ajoute à l'usage des réseaux géodésiques le principe de l'intégration, on pourra utiliser les données produites par les différents secteurs d'activité afin d'alimenter des banques de données localisées.

De cette façon, le système géodésique se retrouve à la base du développement et de l'exploitation des systèmes d'informations à références spatiales (SIRS).

CHAPITRE 2

LA LOCALISATION DES POINTS SUR LA SURFACE TERRESTRE

La terre est généralement représentée par une sphère légèrement aplatie aux pôles. Sa surface est toutefois très irrégulière et elle doit être associée à une surface équipotentielle (en tout point perpendiculaire aux lignes de force de la pesanteur) nommée géoïde, si on désire traduire fidèlement ses propriétés dynamiques et géométriques. Par contre, pour simplifier les calculs relatifs à la localisation des points, on utilise plutôt un ellipsoïde de révolution qui se rapproche du géoïde et qu'on peut décrire mathématiquement.

L'ellipsoïde est dimensionné et positionné pour représenter le plus fidèlement possible la surface terrestre tout en étant situé approximativement au niveau moyen des mers. Comme on utilise toujours le datum géodésique de 1927 (NAD 27), notre surface de référence est l'ellipsoïde proposé par Clarke en 1866.

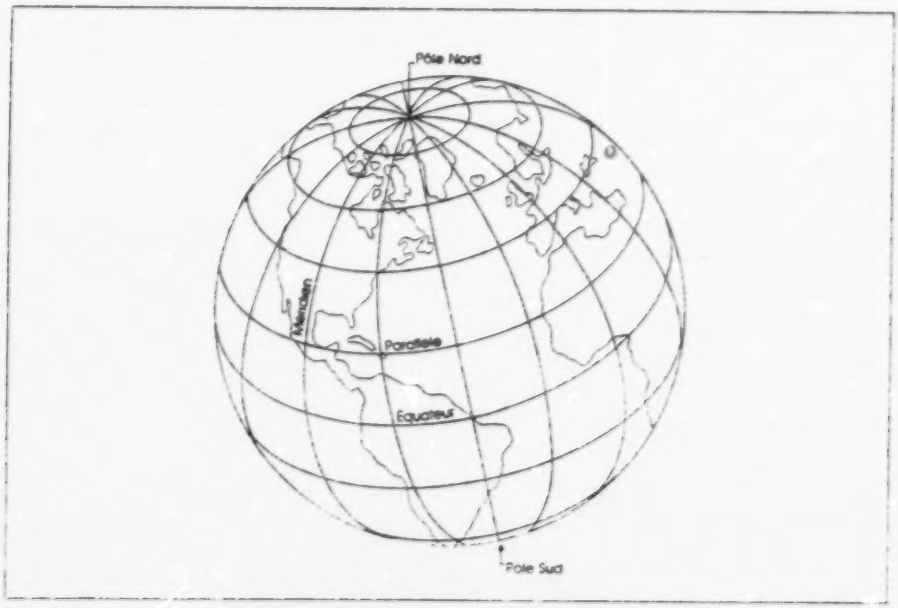


Figure 2.1

2.1 LES ANOMALIES DU GÉOÏDE

Il existe des écarts (ondulations) entre le géoïde et un ellipsoïde donné, mais ils sont minimes (quelques dizaines de mètres) comparés aux dimensions de la terre. La déviation de la verticale (δ), qui est l'angle entre les deux plans tangents en un point, est également petite (10 secondes et moins).

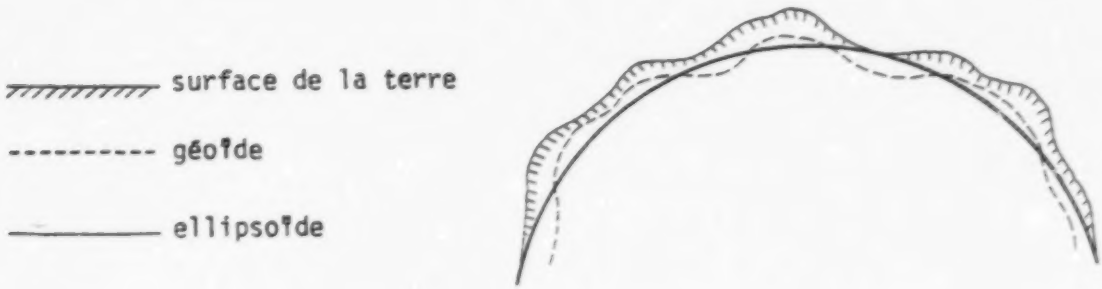


Figure 2.2

$\vec{v}$ = vecticale du lieu

$\vec{n}$ = normale à l'ellipsoïde

δ = déviation de la verticale

N = ondulation du géoïde

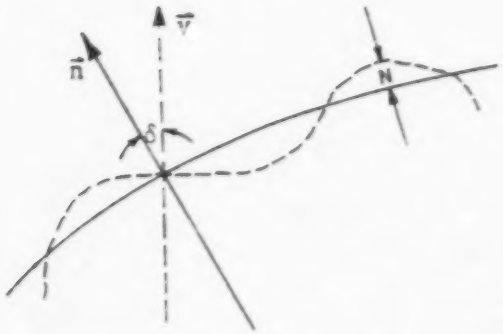


Figure 2.3

Les mesures prélevées sur le géoïde doivent théoriquement être réduites à l'ellipsoïde pour les calculs. Pour les observations d'ordre tertiaire ou inférieur, les corrections seront habituellement négligées. Les corrections applicables aux différentes données géodésiques (directions, distances, azimuts, altitudes, coordonnées, etc...) seront toujours fonction des composantes est-ouest de la déviation de la verticale et de l'ondulation du géoïde.

2.2 LES COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES

Le système de coordonnées géographiques constitue théoriquement le moyen le plus simple de localiser un point sur la surface terrestre. En effet, tout point de la surface peut être identifié à l'aide de deux angles seulement, soit la latitude (ϕ) et la longitude (λ). La latitude est mesurée dans le plan du méridien du lieu, de 0° à 90°, en utilisant l'équateur comme origine. La longitude est, quant à elle, mesurée dans le plan de l'équateur, de 0° à 180° (vers l'est ou vers l'ouest), à partir du méridien de Greenwich.

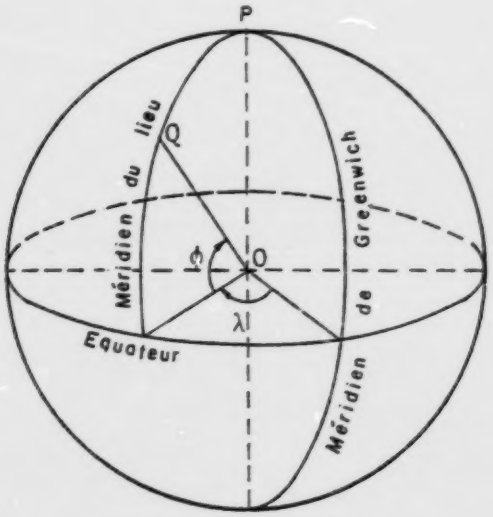


Figure 2.4

A titre d'exemple, on pourrait localiser rapidement la ville de Québec sur un globe terrestre, seulement à l'aide de sa latitude 46°48' nord et de sa longitude 71°15' ouest.

En géodésie, on doit toutefois travailler sur l'ellipsoïde avec un modèle mathématique beaucoup plus complexe que sur la sphère. Comme l'ellipsoïde est en réalité une sphère aplatie, on devra considérer différents rayons de courbure pour l'expression de la latitude et pour établir la relation entre les points.

Par conséquent, le calcul d'un cheminement polygonal sur l'ellipsoïde devient difficile à réaliser sur une petite calculatrice. Les formules découlent de développements en série assez élaborés où on doit conserver plusieurs décimales. Pour l'usager qui possède un micro-ordinateur de capacité intermédiaire, il demeure toujours possible de travailler directement sur l'ellipsoïde.

2.3 LES COORDONNÉES RECTANGULAIRES

Le système géodésique est aujourd'hui reconnu comme étant l'outil par excellence pour assurer le contrôle, l'intégration et la gestion des données techniques. Cependant, la majorité des usagers recherche un système de coordonnées qui sera facile d'application et qui permettra d'établir des relations simples avec les mesures effectuées sur le terrain. Le système le plus simple repose sur l'utilisation de coordonnées orthogonales ou rectangulaires. Comme la surface de la terre n'est pas plane, un tel système sera défini par l'intermédiaire d'une projection:

2.3.1 Les différentes projections

Une projection se définit par la transposition d'un ensemble de points dans un autre ensemble. La surface de la projection sera plane et la transposition directe et inverse d'un point d'une surface à une autre donnera toujours un seul point. Comme surface de projection on utilise principalement le cône, le cylindre et le plan. Ainsi, les systèmes de projection sont d'abord groupés en 3 classes:

1) les projections coniques,
2) les projections cylindriques,
3) les projections azimutales ou planes.

Chaque classe peut ensuite être qualifiée de normale, transverse ou oblique, suivant l'orientation de l'axe de la surface de projection. Toutes les projections peuvent être tangentes ou sécantes à l'ellipsoïde.

PROJECTIONS TANGENTIELLES

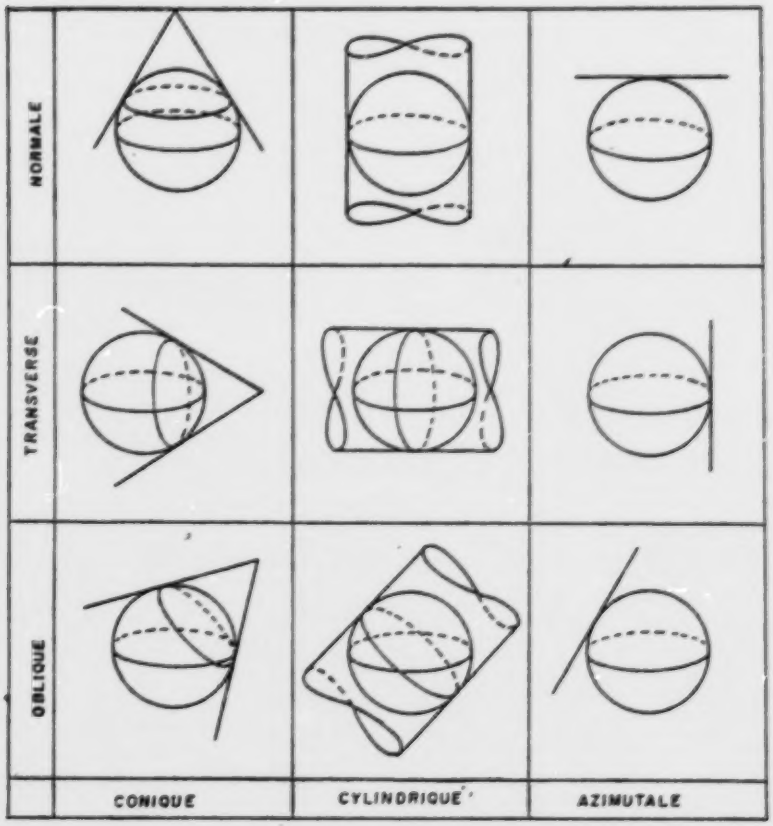


Figure 2.5

On peut enfin utiliser les propriétés d'équivalence ou de conformité à l'intérieur de chacune des classes. Les projections équivalentes conservent les éléments d'arc et de surface alors que les projections conformes conservent les angles. Cette dernière propriété est recherchée par la majorité des utilisateurs. La conservation des angles est en effet nécessaire pour la fabrication des cartes à grande échelle et peut être considérée comme essentielle pour la transposition des observations d'un ellipsoïde à un plan et le calcul en coordonnées rectangulaires.

La projection conforme amène cependant des variations d'échelle assez fortes quand on s'éloigne du méridien choisi comme référence. Pour limiter cette déformation, on fera usage de zones de projection réduites.

La projection Lambert a été longtemps utilisée parce qu'elle relevait de formules simples en un temps où les calculatrices de bureau étaient très peu répandues. Son désavantage provient du fait qu'elle conserve un parallèle (ϕ). La convergence peut ainsi devenir très grande en s'éloignant du méridien central.

On a ensuite la projection de Mercator, qui est une projection cylindrique normale dû au fait que la surface de projection est tangente à l'équateur. Elle est surtout utilisée en navigation car elle permet de conserver un cap constant (loxodromie).

2.3.2 La projection Mercator Transverse

La projection Mercator Transverse ou projection de Gauss-Krüger se différencie de la projection Mercator par deux facteurs principaux:

- une rotation de 90° de la surface de projection qui devient ainsi tangente à un méridien;
- la surface de la terre est divisée en fuseaux afin de limiter la déformation en échelle.

La projection Mercator Transverse Universelle (U.T.M.) utilise des fuseaux de 6° alors que la projection Mercator Transverse Modifiée (M.T.M.) utilise des fuseaux de 3°.

MERCATOR TRANSVERSE UNIVERSELLE ET MERCATOR TRANSVERSE MODIFIÉE
Zone d'application - U.T.M. = 6°
- M.T.M. = 3°

Figure 2.6

Même avec l'utilisation des fuseaux, la surface de projection tangente au méridien central présente des déformations assez importantes à l'extrémité des fuseaux. Pour corriger cette lacune, on rend le cylindre de projection sécant au méridien central de manière à obtenir une certaine moyenne pour l'ensemble du fuseau (figure 2.7). Ainsi, le facteur-échelle est plus petit que 1 au méridien central, est égal à 1 au point de recoupement et est plus grand que 1 à l'extrémité du fuseau.

La projection U.T.M. est sans doute la plus connue de cette catégorie. Elle est caractérisée par un facteur échelle au méridien central 0.9996 et des fuseaux de 6°. Les 60 fuseaux sont numérotés par ordre croissant vers l'est et le numéro 1 est situé entre les longitudes 174° et 180° ouest. La coordonnée "Y" trouve son origine

à l'équateur et la coordonnée "X" se réfère au méridien central. Pour éviter d'obtenir en "X" des valeurs négatives à l'ouest du méridien central, on a fixé la valeur de ce dernier à 500 000 mètres.

Dans certaines provinces canadiennes, on retrouve également la projection M.T.M. qui se différencie de la précédente par ses fuseaux de 3° et un facteur échelle au méridien central de 0.9999.

2.3.3 Le SCOPQ (Système de Coordonnées Planes du Québec)

Le SCOPQ est un système de coordonnées rectangulaires basé sur la projection M.T.M. On y retrouve donc les caractéristiques suivantes:

[] des fuseaux de 3° numérotés en ordre croissant vers l'ouest avec le numéro 1 situé entre les longitudes 51° et 54° ouest;

[] un facteur échelle au méridien central de 0.9999;

[] la coordonnée (Y) croît vers le nord avec son origine à l'équateur et la coordonnée (X) croît vers l'est avec 304 800 mètres au méridien central.

SECTION D'UN FUSEAU MTM
PERPENDICULAIRE AU MÉRIDIEN DU LIEU À LA LATITUDE 46°

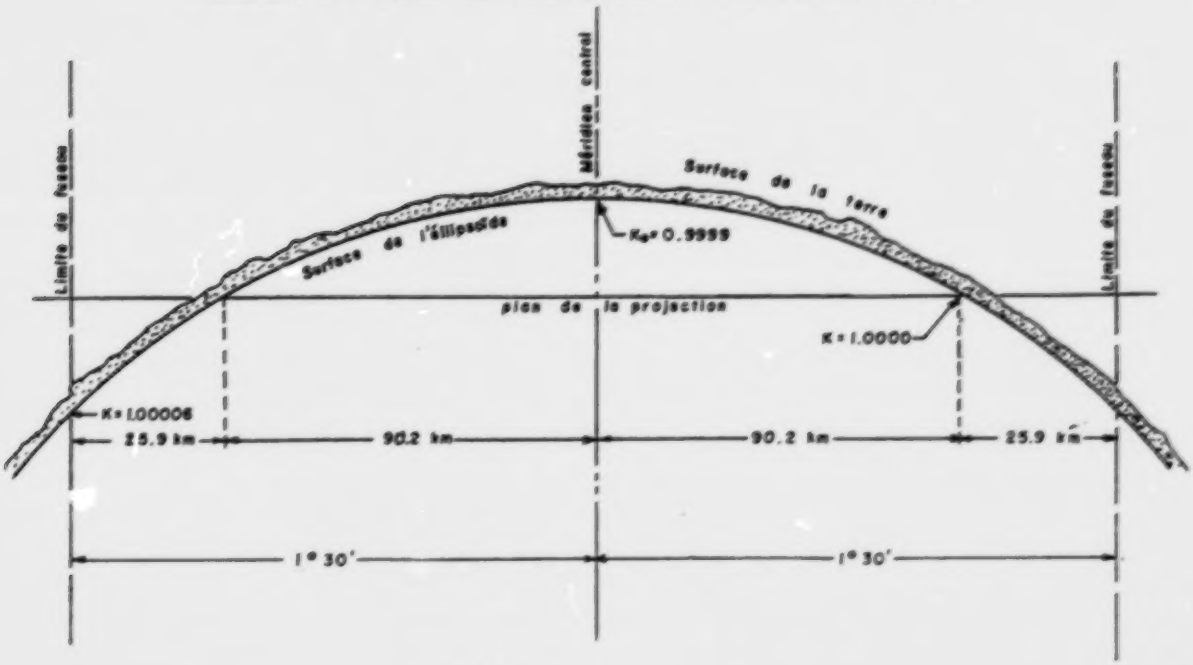


Figure 2.7

En utilisant un facteur échelle au méridien central de 0.9999, la projection M.T.M. présente avant correction des déformations maximales de 1:10 000 ou 100 PPM. Cette précision ne sera pas suffisante pour satisfaire tous les besoins de l'intégration mais l'usage de quelques corrections permettra de traduire un point de la surface terrestre au plan de projection avec toute la précision voulue. Les techniques et procédures de réduction se trouvent présentées à la section 5.3 et à l'annexe 2.

La transposition d'une ligne de la surface de référence terrestre (ellipsoïde) au plan de projection nécessite l'usage de trois corrections.

1) Le facteur échelle (K): facteur de correction utilisé pour projeter une ligne de l'ellipsoïde de référence au plan de projection. Le facteur peut être calculé pour un point et une ligne et sera principalement fonction de la distance du méridien central.

2) La convergence (C): c'est l'angle entre le méridien du lieu et le nord de la projection (direction du méridien central). Elle est fonction de la latitude du point et sa position par rapport au méridien central.

3) La correction (t-T): c'est la différence entre le gisement d'une ligne et la transposée de la géodésique en projection. Cette différence est due au fait que notre surface de référence n'est pas une sphère et que la transposée d'une ligne provenant d'un ellipsoïde ne peut être parfaitement rectiligne.

dt = facteur (t-T)

C = convergence

α = azimut géodésique

β = gisement = t

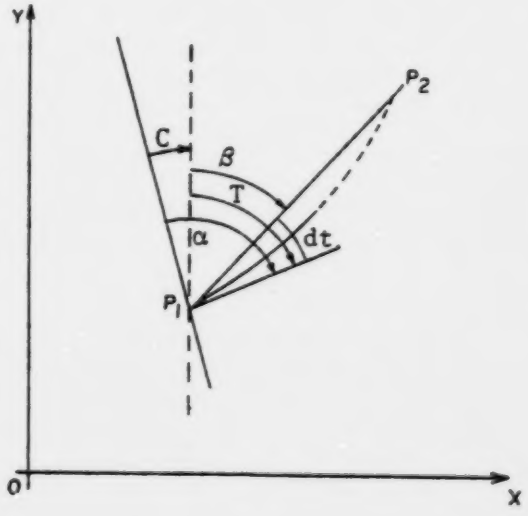


Figure 2.8

Dans un système de référence géodésique, on doit toutefois se rappeler que la référence la plus universelle demeure le système de coordonnées géographiques. Si on travaille en coordonnées rectangulaires, il peut donc devenir nécessaire de réaliser des transformations entre les deux systèmes de coordonnées. L'ANNEXE 1 présente des formules réduites qui s'adaptent bien aux calculatrices intermédiaires et qui conservent une très bonne précision.

LES FUSEAUX DE LA PROJECTION M.T.M. AU QUÉBEC

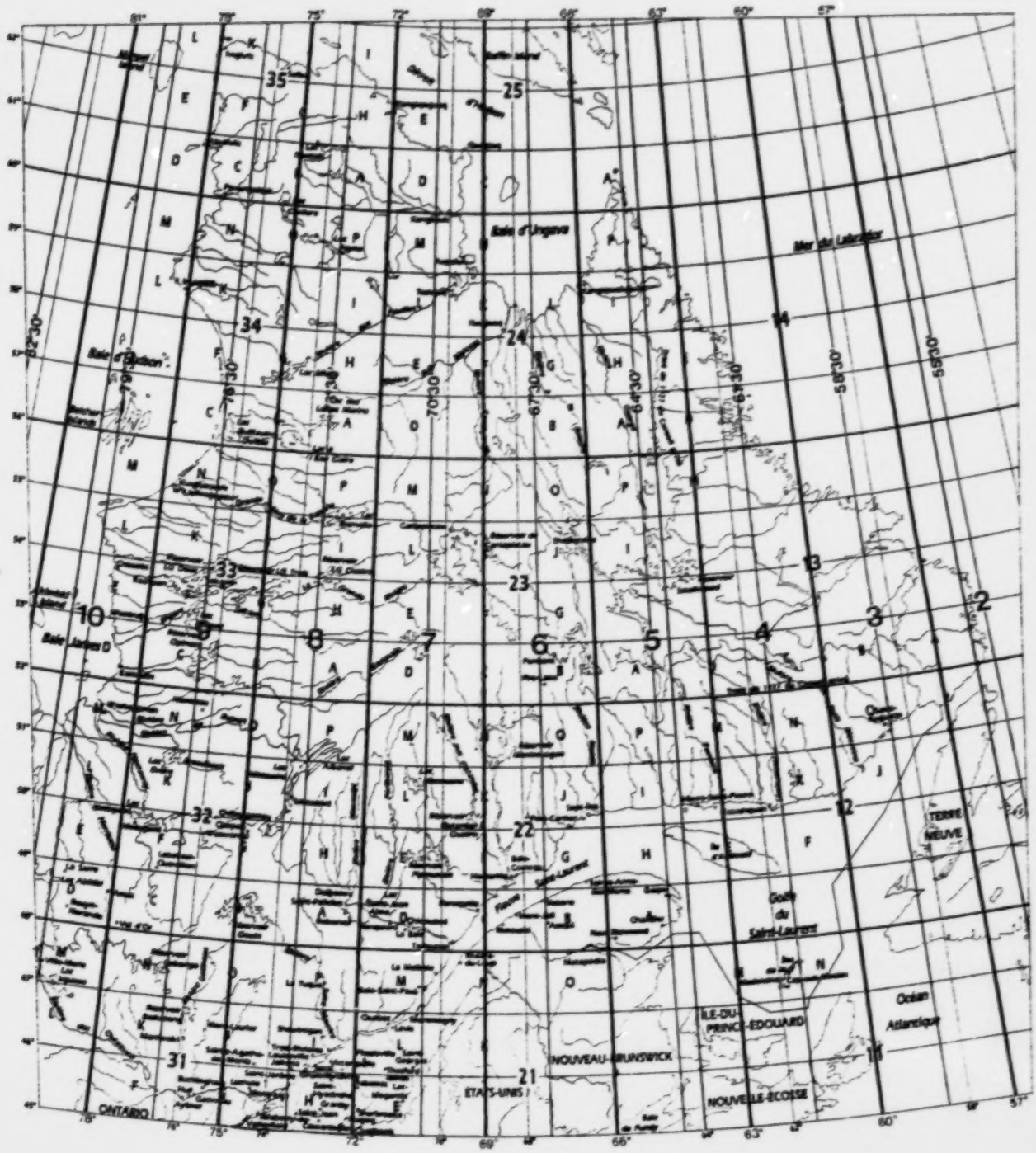


Figure 2.9

CHAPITRE 3

LA GESTION DES DONNÉES DU RÉSEAU GÉODÉSIQUE QUÉBÉCOIS

La loi du ministère de l'Énergie et des Ressources confère au Service de la géodésie (S.G.Q.) le mandat général d'établir et de gérer les réseaux géodésiques officiels du Québec. Le rôle du S.G.Q. est défini de façon plus spécifique par les responsabilités qui découlent de ce mandat.

[] Définir les réseaux et implanter leur structure de base.

[] Normaliser et intégrer les levés réalisés par les autres organismes et se rapportant à l'établissement de canevas géodésiques.

[] Classifier les différents canevas.

[] Conserver et diffuser * les données du réseau québécois.

[] Assurer la protection et la maintenance du réseau et promouvoir son utilisation.

Le S.G.Q. se présente donc comme un organisme central dont l'ensemble des activités peut être associé à l'administration d'un système d'informations géodésiques. Le Service est ainsi dépositaire de la très grande majorité des données et documents se rapportant aux canevas établis en territoire québécois et doit assurer la gestion de cette information.

---

* : Par l'intermédiaire du Centre d'information géographique et foncière (C.I.G.F.)

3.1 L'ÉQUIPEMENT GÉODÉSIQUE DISPONIBLE

Le réseau géodésique de base (1er, 2e et 3e ordres) compte actuellement quelques 35 000 points planimétriques et 24 000 points altimétriques. Quant aux réseaux complémentaires de 4e ordre, établis principalement par les municipalités, ils comptent déjà au delà de 12 000 points. Le S.G.Q. doit ainsi assurer la gestion d'un réseau comportant quelque 71 000 points géodésiques et ce réseau s'accroît d'environ 5 000 nouveaux points par année.

3.2 LA CLASSIFICATION DES RÉSEAUX

Dans le cadre de ses fonctions reliées à la gestion des données du réseau québécois, le S.G.Q. possède une responsabilité qui consiste à classifier les différents canevas, qu'ils soient établis par le Service ou par des organismes extérieurs. Le processus de classification comporte principalement trois opérations.

[] La compensation individuelle des canevas.

Cette première compensation a pour but de valider les données du canevas et de contrôler la compatibilité du nouveau réseau avec les structures existantes d'ordre supérieur ou équivalent.

[] L'intégration des canevas au réseau géodésique officiel.

Cette intégration sera réalisée par une compensation finale avec comme objectif de produire des résultats homogènes et bien contrôlés. Cette compensation pourra donc inclure certains points et/ou observations du réseau existant afin d'obtenir un minimum de contraintes sur la nouvelle structure locale.

[] La classification proprement dite des coordonnées et le transfert des résultats dans la banque géodésique québécoise (GEODEQ).

L'opération de classification est réalisée de façon automatique par les programmes ASTRAL et TOGAS utilisés respectivement pour la compensation des données altimétriques et planimétriques des réseaux. La classification se trouve directement rattachée à la notion de normalisation et vise à offrir à l'usager une évaluation de la précision des résultats (coordonnées). La méthode est basée sur l'utilisation des ellipses d'erreur calculées qu'on compare à des limites maximales permises.

Le transfert des résultats à la banque de données est également réalisé de façon automatique, éliminant ainsi les possibilités d'erreurs grossières.

3.3 LA CONSERVATION ET LA DIFFUSION DE L'INFORMATION

Étant dépositaire de l'ensemble des données du réseau géodésique québécois, le S.G.Q. doit assurer la conservation, la tenue à jour et l'accessibilité à ces données. Jusqu'en 1983, ces responsabilités étaient assumées à l'aide d'un système manuel faisant entièrement appel à des interventions humaines. Profitant des derniers développements de l'informatique et avec comme objectif d'améliorer la qualité de ses produits et de son service, le S.G.Q. a développé et mis sur pied une banque d'informations géodésiques nommée GÉODEQ.

La banque est opérationnelle depuis 1983 et permet de gérer les résultats, i.e. toutes les informations concernant la description, la situation géographique et les coordonnées des points géodésiques établis ou intégrés par le S.G.Q. Avec l'utilisation d'un traceur automatique, la banque permet également la compilation cartographique des points géodésiques.

Le S.G.Q. a toutefois entrepris les démarches qui doivent le conduire à plus ou moins brève échéance au développement et à l'implantation d'un nouveau système de gestion des informations géodésiques. Il s'agira cette fois d'un système global (GEODEQ II) impliquant le développement intégral d'un sous-système observations auquel sera greffé le sous-système résultats (GEODEQ) modernisé et amélioré.

3.3.1 La compilation cartographique des réseaux

La compilation cartographique est réalisée, tel que mentionné, à l'aide d'un traceur automatique à partir des données contenues dans GEODEQ. Des copies polyester des cartes topographiques en usage sont utilisées comme base de compilation. L'équipement géodésique est représenté à différentes échelles en fonction du type de réseau, de la densité des points et du milieu.

La compilation cartographique du réseau géodésique (points planimétriques) montre:

[] À l'échelle du 250 000e:

- les points de 1er ordre;
- les points de 2e ordre et les points intersectés localisés à l'extérieur des milieux habités (principalement au nord du 50e parallèle).

[] À l'échelle du 50 000e:

- les points de 1er et 2e ordres ainsi que les points intersectés situés en territoire développé;

[] À l'échelle du 20 000e:

- les points de 1er, 2e et 3e ordres;
- les points du 4e ordre localisés à l'extérieur des grands centres urbains.

[] À l'échelle du 10 000e:

- tous les points situés en milieu urbain.

Suivant ce principe, les différentes échelles couvriront plus spécifiquement les territoires suivants:

[] 250 000e : l'ensemble de la province;

[] 50 000e : la partie développée de la province (au sud du 50e parallèle);

[] 20 000e : les milieux urbains et les zones spécialement équipées d'un réseau tertiaire de type urbain;

[] les grands centres urbains.

À titre d'exemple, on présente dans les pages qui suivent une copie des deux principales compilations utilisées en milieu urbain (le 20 000e et le 10 000e).

Rappelons ici que les points altimétriques font l'objet d'une compilation séparée aux échelles du 50 000e et du 20 000e. Le 50 000e est utilisé comme compilation de base pour l'ensemble du territoire alors que le 20 000e est utilisé en milieu urbain.

Feuillet de compilation au 20 000e

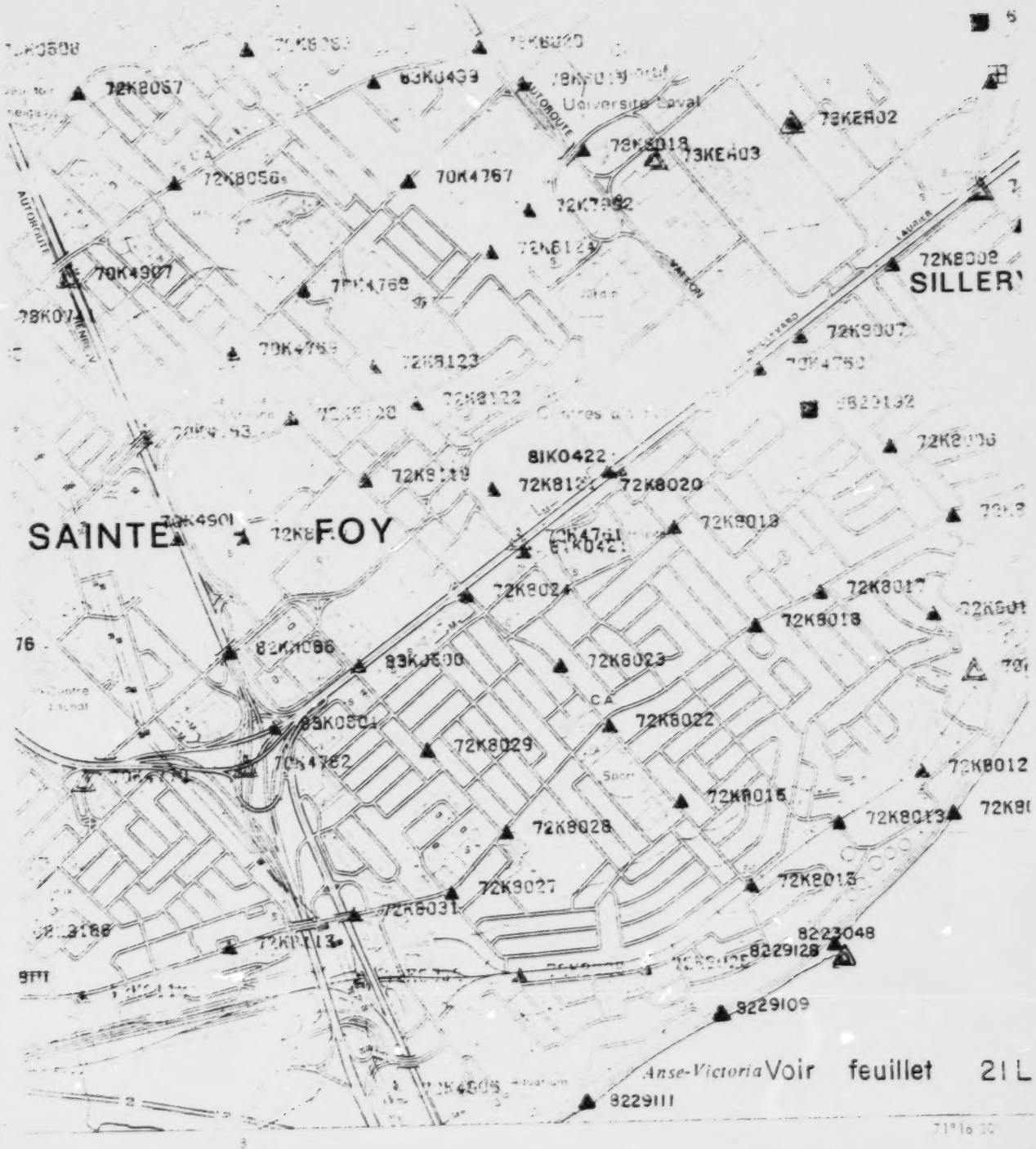


Figure 3.1

Feuillet de compilation au 10 000e

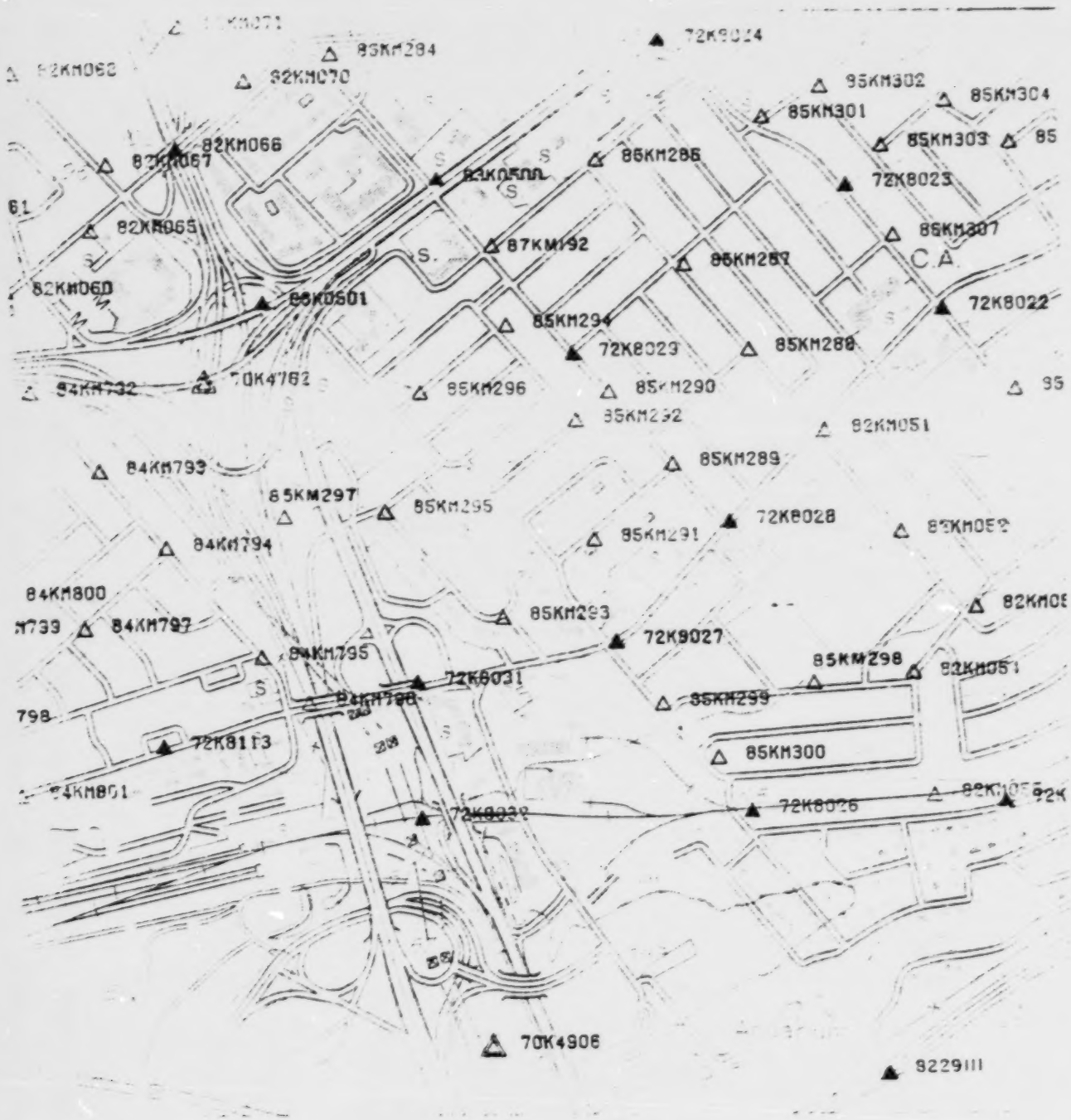


Figure 3.2

3.3.2 Les fiches signalétiques

La fiche signalétique se présente comme le document principal et essentiel relié à l'utilisation d'un point géodésique. La fiche offre d'abord une partie descriptive permettant à l'usager d'atteindre le site du point et d'identifier positivement le repère matérialisant le point. La deuxième partie se réfère plutôt à la localisation géographique en donnant les coordonnées et autres informations connexes reliées à l'utilisation du système de référence géodésique.

La fiche signalétique sera habituellement requise en deuxième étape, après avoir consulté les feuillets de compilation et avoir identifié les points jugés nécessaires pour un travail.

Dans sa version actuelle, la fiche signalétique n'offre pas d'image graphique (croquis) montrant l'environnement immédiat du point. Rappelons toutefois que la partie descriptive de la fiche signalétique tire son information de la fiche de saisie "DESCRIPTION D'UN POINT DE CANEVAS" qui elle possède un espace réservé au croquis. La fiche de saisie est micro-filmée et son croquis peut être obtenu sur demande.

Les pages qui suivent présentent un exemple de fiche signalétique accompagnée d'une description sommaire de son contenu. Des informations plus détaillées peuvent être obtenues du S.G.Q. en demandant la brochure "FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN POINT DE CANEVAS".

```
GOUVERNEMENT DU QUEBEC          *** G E O D E Q ***              PAGE   1
MINISTERE DE L'ENERGIE                                          DATE 89-01-19
  ET DES RESSOURCES               FICHE SIGNALETIQUE
SERVICE DE LA GEODESIE          D'UN POINT DE CANEVAS
                                ----------------------

** MATRICULE: 70K5064  ** (NO:    5064 ) TYPE DE PT: POINT PLANIMETRIQUE

* INSPECTION *  DATE: 82-08-06   ETAT: EN BON ETAT

* REPERE * MEDAILLON CONVEXE       ANCRE
        SUR TUYAU FER ENFOUI SOL. ANCRE ROC/BETON          MAGNETISME:  B
  -CLASSE: P   INSCRIPTIONS: TERR. ET FOR. QUE. 1970 POINT GEOD. NO. 5064

* REGARD * : 1       * ILLUSTRATION GRAPHIQUE * : C   REFERENCE: 003-02598

* ORIGINE *   ORGANISME:    SGQ   DATE:   1970   PROJET:   G21X70

* POSITION GEOGRAPHIQUE *     -FEUILLET CARTOGRAPHIQUE: 22B13-200-0102
  -COORDONNEES APPROCHEES:  LAT: 48 50 31   LONG: 67 32 33
  -MUNICIPALITE:   06600   MATANE

* LOCALISATION * SITE: SUR UN TERRE-PLEIN                  PROP(T):1  M:3

* ACCES ET SITUATION TOPOGRAPHIQUE *    DESCRIPTION :     INTERPRETE

                                  SE RENDRE A L'INT. DES RUES ST-JEAN
    ET BOUL. DION A L'O DE RIV. MATANE A MATANE. LE POINT EST A L'EXTR
    . S-E DU TERRE-PLEIN AU N-O DE LA RUE ST-JEAN.

 MODE DE TRANSP: AUTO./VEH.LEGER  MARCHE:   H  M  HELIPORT(CONSTR):

* PROPRIETAIRE DU LIEU * : MUNICIPALITE                 TEL.:
  -ADRESSE :                                          CODE POSTAL:

* REPERAGE * DESCRIPTION          CODE DIR/OR/AZ  CODE DIST(M)   DENIV(CM)
  BT    BALISE                   B   OSO         H  011.90
  P1    LAMPADAIRE               B   NNO         P  016.25
  P2    EXTR. S-E TERRE-PLEIN    B   SSE         P  000.40
  P3    REGARD D'EGOUT           B   SSO         P  007.75

   DIST. ENTRE REPERES AUXIL.      * TOUR OU GRAND TREPIED REQUIS *
    DE    A   CODE  DISTANCE     VERS LE PT VISE     VERS LE PT VISE
                                  NUMERO HAUT.(M)     NUMERO  HAUT.(M)

* COORDONNEES ET INFORMATIONS ACCESSOIRES *
                 ALTITUDE          |      LATITUDE          LONGITUDE
                25.58   (M)        | 48 50 30.87750     67 32 32.06782
* QUALITE9 *                       |
  O:    C:  CRT:     ST:1 M.DET:NG |   O:3A  C:1          ST:1   M.DET:GC
* CALCULS                          |
  DATE: 79 03 06   PROJET: E05X76AG|   DATE: 87 03 04   PROJET: I83A86T3
  PROG:A1  SYST. REF:23  ORG:   SGQ|   PROG:T3  SYST. REF:14  ORG:   SGQ
* OBSERVATIONS *                   |
  ANNEE:1976 PROJ:E05X76 ORG:   SGQ|   ANNEE:1986 PROJ:I83X86 ORG:06600M
  ANNEE:1970 PROJ:G21X70 ORG:   SGQ|   ANNEE:1970 PROJ:G21X70 ORG:   SGQ

              Y(M)          X(M)   FUSEAU LONG(MC)  FACT-ECH.  CONVERGENCE
  UTM      5410687.531  606963.109    19    69 00   0.9997406    1 05 51.52
  SCOPQ    5411287.359  301699.586     6    67 30   0.9999001   -0 01 54.49

 PTS VISES  ORD. C   AZIMUT GEOD.   DIST.GEOD.(M) GISEMENT(SCOPQ) T-T(SCOPQ)
  70K5063     3      160 44 10.61      256.190     160 46 05.09
  70K5065     3      073 32 59.53      210.687     073 34 54.02
  82K0457     3      338 53 47.88      239.636     338 55 42.37
  85KMI16     4A  1  336 28 48.57      164.786     336 30 43.07
  85KMI19     4A  1  241 48 00.38       95.374     241 49 54.87
  85KMI24     4A  1  169 32 41.06       71.014     169 34 35.56
```

Figure 3.3

G E O D E Q - FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN POINT DE CANEVAS

NO. DE LIGNE	TYPE D'INFORMATION	CONTENU	NOTES EXPLICATIVES
01	Identification du point	Numéro matricule	Numéro unique compatible avec le système d'identification national
		Numéro d'origine	Numéro attribué par l'organisme auteur et généralement inscrit sur le repère. Depuis 1974, la majorité des organismes utilisent des numéros matricules comme numéro d'origine.
03	Données relatives à la dernière inspection	Date de l'inspection	
		État de conservation	
05-07	Description du repère	Type, fixation, assise	
		Magnétisme	Sensible au détecteur-A; non-sensible-K
		Classe	Indiqué par un code
		Inscription sur le repère	
09	Identification du regard	Type de regard	Indiqué par un code
	Illustration graphique	Type d'illustration	Indiqué par un code
		Référence	No. d'identification dans le système de micro-filmage
11	Origine de l'établissement	Organisme d'origine	Indiqué par un code
		Date et projet d'établissement	
13-15	Position géographique	Feuillet cartographique	Au 20 000e
		Coordonnées approchées	Coordonnées géograhiques
		Municipalité	Le code et le nom de la municipalité
17	Localisation	Site	
		Type de propriété	Publique-1; Privée 2
		Milieu	Rural-1; Semi-urbain-2; Urbain-3; Non-développé-4.

G E O D E Q - FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN POINT DE CANEVAS

NO. DE LIGNE	TYPE D'INFORMATION	CONTENU	NOTES EXPLICATIVES
19-25	Accès et situation topographique	Type de description	
		Description littérale	Permet à l'usager d'atteindre le site du point
		Mode de transport	
		Temps de marche	
		Héliport	Année de construction
27-28	Propriétaire du lieu	Nom	
		No. de téléphhone	
		Adresse	
		Code postal	
30-34	Repérage	Titre	Description de l'information sous-jacente
		Balise-témoin	Objet de support; orientation et distance
		Points de repérage (Pi) ou repères auxiliaires (Ri)	Description du repère; orientations, distance et dénivelée (par rapport au repère principal).
36	Repérage	Distance entre les repères auxiliaires	
	Tour ou grand trépied requis	Numéro du point visé et hauteur d'instrument requis	
40-49	Coordonnées et informations accessoires		Altimétrie (A), partie gauche Planimétrie (P), partie droite
	(A)	Altitude	
	(P)	Latitude et longitude	
	(A)	Qualités	Ordre, classe, critère d'observation, statut mode de détermination.
	(P)	Qualités	Ordre, classe, statut, mode de détermination
	(A) et (P)	Calculs	Date de calcul, numéro de projet, programme de compensation, système de référence, organisme de calcul.
	(A) et (P)	Observations	Année d'observation, numéro de projet d'origine, organisme d'origine.

G E O D E Q - FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN POINT DE CANEVAS

NO. DE LIGNE	TYPE D'INFORMATION	CONTENU	NOTES EXPLICATIVES
51-53	Coordonnées rectangulaires	Coordonnées UTM et SCOPQ	Y, X, numéro du fuseau, longitude du méridien central, facteur-échelle, convergence.
56	Points visés	Données relationnelles avec les points visés	Numéro des points visés avec ordre et classe, azimut géodésique, distance géodésique, gisement en projection (SCOPQ), correction (T-T) en projection (SCOPQ).

CHAPITRE 4

L'ÉTABLISSEMENT DES CANEVAS COMPLÉMENTAIRES URBAINS

L'équipement géodésique est d'abord constitué d'un réseau de base comportant les canevas de 1er, 2e et 3e ordres. Le territoire urbain est plus spécifiquement couvert par le réseau de 3e ordre avec une densité de 2 points au km^2, mais cet équipement n'est pas suffisant pour répondre efficacement aux besoins de l'intégration. On doit ainsi établir des canevas complémentaires pour obtenir une densité globale (3e et 4e ordres) d'environ 12 points au km^2.

Comme le présent guide porte plus spécifiquement sur l'usage des réseaux géodésiques en milieu urbain, il est intéressant de présenter ici le partage des responsabilités défini par le protocole d'entente signé entre le MER et les municipalités dans le cadre du programme de réforme cadastrale.

Les termes de l'entente spécifient que le MER est d'abord responsable de l'établissement ou du complètement des réseaux géodésiques de base (2e et 3e ordres). La municipalité, quant à elle, est responsable de l'entretien des réseaux établis par le MER ainsi que de l'implantation d'un canevas complémentaire du 4e ordre. Le MER fournit cependant à la municipalité tout le support technique nécessaire, effectue les calculs relatifs à la classification des réseaux et assure la conservation et la diffusion des données de l'ensemble du réseau géodésique.

La municipalité devient ainsi le principal intervenant au niveau de l'implantation des canevas complémentaires urbains. Pour répondre à des besoins spécifiques, on verra également d'autres organismes procéder à l'établissement de réseaux urbains en complétant ou en densifiant le canevas municipal. Il est à noter cependant que la réalisation proprement dite de ces travaux relève au Québec de la compétence des arpenteurs-géomètres.

Mentionnons finalement que les instructions qui suivent ne sont qu'un résumé des normes d'exécution auxquelles on devra référer pour la réalisation des travaux d'établissement.

4.1 LA PLANIFICATION DU PROJET

La planification d'un réseau est une étape jugée importante et essentielle si on désire obtenir un équipement qui soit complet, homogène et polyvalent, tout en présentant des caractères de stabilité et de pérennité. La planification comporte principalement les opérations suivantes:

1- étude technique et la préparation d'un plan-projet;
2- examen préliminaire du plan-projet par le S.G.Q.;
3- reconnaissance du réseau sur le terrain;
4- choix de l'instrumentation et des modes opératoires;
5- approbation finale du projet par le S.G.Q.

Les étapes 2 et 5 s'adressent aux municipalités qui réalisent des canevas dans le cadre du programme de réforme cadastrale.

4.2 LA MATÉRIALISATION DES POINTS ET LE BALISAGE

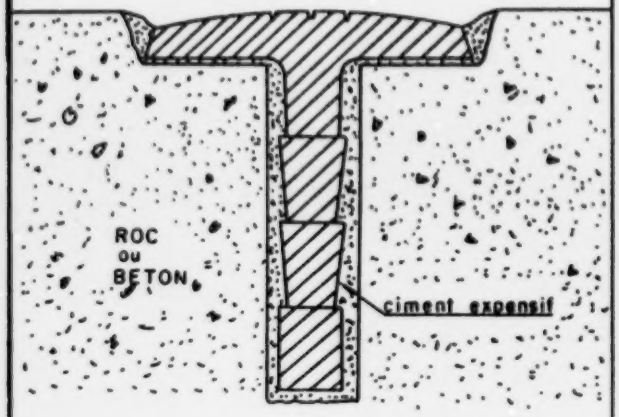
Pour la matérialisation (voir fig. 4.1) on utilisera les deux types de repères autorisés par le S.G.Q. soit, le médaillon avec tige d'ancrage pour les affleurements rocheux et les structures en béton et le médaillon sur tuyau de 1.5 mètre en sol meuble. Le médaillon sur tuyau sera protégé par un regard pour faciliter son utilisation et comme mesure de contrôle au niveau de la stabilité et de la pérennité du repère.

Le repère portera habituellement les inscriptions suivantes:

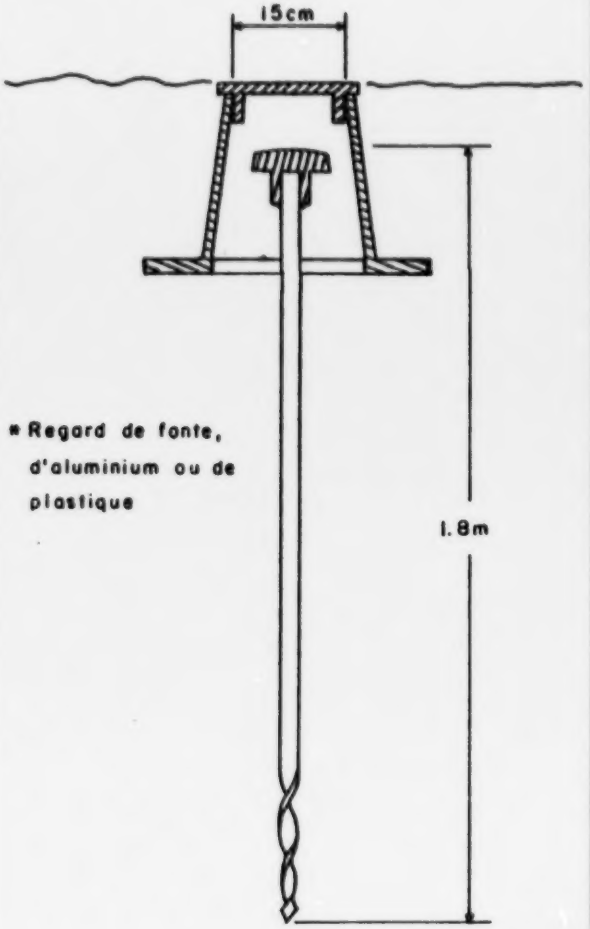
REPÈRE GÉODÉSIQUE
Nom de l'organisme
Numéro du point

MATÉRIALISATION DES POINTS GÉODÉSIQUES DE 4e ORDRE

MÉDAILLON AVEC TIGE D'ANCRAGE, SCELLÉ DANS LE ROC OU DANS UNE STRUCTURE DE BÉTON



MÉDAILLON SUR TUYAU, ENFONCÉ DANS LE SOL ET PROTEGÉ PAR UN REGARD(*)



* Regard de fonte, d'aluminium ou de plastique

BALISE - TÉMOIN

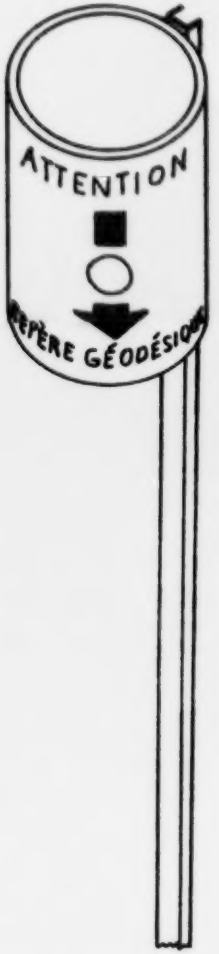


Figure 4.1

Pour assurer la protection des repères et faciliter leur localisation, on installera une balise-témoin à proximité. Pour fixer la balise-témoin, on utilisera de préférence les objets existants (poteaux, lampadaires, etc.) ou à défaut, une tige de support.

4.3 LA CUEILLETTE ET LE TRAITEMENT PRÉLIMINAIRE DES DONNÉES

Avant de procéder au prélèvement des observations sur le terrain, on devra s'assurer que l'instrumentation et les modes opératoires prévus sont adéquats en consultant les normes établies par le S.G.Q. À cet effet, on trouvera à l'annexe 4 les principales caractéristiques du réseau de 4^{e} ordre urbain, incluant les normes relatives aux observations et aux calculs de fermeture.

Pour la mesure des directions et des angles verticaux, on doit habituellement réaliser deux séries avec un instrument de type secondaire et quatre séries avec un instrument de type tertiaire.

Pour la mesure des distances un minimum de deux déterminations constituées chacune d'au moins trois lectures est nécessaire.

La détermination des altitudes peut être réalisée par nivellement géométrique ou par la méthode du nivellement trigonométrique. Les différentes études réalisées à date démontrent qu'on peut obtenir à l'aide de normes minimales des résultats équivalents au nivellement géométrique du 3^{e} ordre.

Les instruments devront être en bon état, calibrés depuis moins d'un an et vérifiés régulièrement. Les télémètres électroniques seront de plus vérifiés sur une base d'étalonnage du MER avant le début des travaux.

L'utilisation des stations totales et des carnets de notes électroniques est fortement recommandée car les expériences réalisées à date permettent de croire en leur grande efficacité pour réduire le temps d'observation, éviter les erreurs grossières et même améliorer la qualité du réseau de façon générale.

Suite au prélèvement des observations sur le terrain, l'exécutant devra réaliser trois opérations reliées à la préparation des données pour les compensations.

[] Les calculs préliminaires nécessaires à l'obtention des observations finales réduites :

- calcul des directions moyennes;

- réduction des distances;

- calcul des dénivelées observées par nivellement géométrique ou nivellement trigonométrique .

Les formules nécessaires à la réduction des distances et au calcul du nivellement trigonométrique sont présentées à l'annexe 2.

[] La compilation des observations finales réduites sur les formulaires appropriés.

- Nivellement géométrique ERF-2340-31 (80-04)
- Nivellement trigonométrique ERF-2340-34 (80-04)
- Observations planimétriques ERF-2340-10 (80-10)

[] Les calculs de fermeture nécessaires à la validation des observations finales réduites.

La fermeture des cheminements et des polygones sera contrôlée en se référant aux normes d'établissement du S.G.Q.

Les canevas établis par ou pour les municipalités seront généralement transmis au S.G.Q. par l'exécutant. Suivant les termes de l'entente, le S.G.Q. réalisera ensuite les calculs relatifs à la compensation du réseau et à son intégration au réseau québécois. Concernant les autres organismes, l'exécutant réalisera habituellement une première compensation du réseau (afin de répondre aux besoins immédiats) avant de le transmettre au S.G.Q. pour intégration.

Le dossier d'un projet doit comprendre les documents suivants:

- un rapport d'opération contenant la description du canevas, les instruments utilisés, la méthodologie d'opération et une brève analyse des résultats;

- les tableaux-résumés des observations finales réduites (altimétrie et planimétrie);

- les calculs de réduction et les calculs de fermeture;

- des schémas du réseau compilés sur une carte topographique au 10 000^{e} ou au 5 000^{e} et montrant les observations altimétriques et planimétriques;

- les fiches descriptives des points nouvellement établis;

- la première compensation du réseau, s'il y a lieu.

4.4 L'INTÉGRATION DU RÉSEAU

À la réception du dossier transmis par l'exécutant, le S.G.Q. entreprendra les calculs relatifs à la compensation du réseau et à son intégration au réseau géodésique officiel. Comme responsable de la normalisation et de la classification de ces canevas, le travail du S.G.Q. pourra comprendre les opérations suivantes:

[] vérification des fiches descriptives, des calculs de réduction, des calculs de fermeture et des tableaux-résumés d'observations;

[] chargement ou saisie des observations finales réduites dans le système informatique du S.G.Q.;

[] première compensation pour vérifier l'homogénéité du réseau et sa compatibilité avec les points du réseau de base;

[] compensation finale du réseau et classification des résultats;

[] chargement des descriptions et coordonnées dans la banque de données géodésiques du S.G.Q. (GEODEQ).

CHAPITRE 5

LES LEVÉS DE DÉTAILS

Dans le chapitre 1, on a présenté le réseau géodésique comme étant l'outil qui permet de contrôler les différents levés et de les intégrer à un système unique de référence. Pour compléter cette intégration, on doit toutefois réaliser un lien entre le réseau géodésique et les éléments caractéristiques des objets et des ensembles de notre milieu urbain (infrastructure et mobilier urbain, réseaux de communication et de distribution, morcellement du territoire, etc.).

Le lien ou le rattachement réalisé se définit comme étant le levé de détails qui permet de localiser les éléments caractéristiques de notre environnement. L'opération est complétée par le calcul des coordonnées et la codification des divers éléments. Les levés sont ainsi associés à une multitude d'activités se rapportant à l'aménagement et à la gestion du territoire.

- Production et mise à jour des cartes
- Morcellement du territoire
- Rénovation cadastrale
- Construction (infrastructures et immeubles)
- Construction et entretien des routes
- Définition des frontières et des limites
- Évaluation et urbanisme

Les levés de détails servent évidemment à rattacher différents types d'éléments auxquels on ne peut assigner la même précision métrique. Pour éviter de réaliser les opérations de cueillettes en plusieurs étapes, il est toutefois recommandé d'utiliser les mêmes méthodes et les mêmes critères de précision pour tous les levés. C'est au niveau de la conservation et de l'exploitation qu'il est souvent utile et même nécessaire de classer les éléments en différentes catégories. Pour ce faire, on doit parler de précision de lecture ou encore de la précision avec laquelle on peut définir le centre ou les arêtes d'un élément.

- Une première catégorie pour les éléments définis avec une précision de 4 cm et moins (coins de bâtiments, repères, bornes de propriété, clôtures de métal, certains éléments de surface des infrastructures souterraines, etc.).

- Une deuxième catégorie pour les éléments définis avec une précision d'environ 10 cm (lampadaires, poteaux, clôtures de bois, les différents éléments des infrastructure de service, etc.).

- Une troisième catégorie pour les éléments associés à une précision d'environ 25 cm (limites de cours d'eau, points du morcellement en milieu non-développé, arbres, haies, etc.).

Un levé de détail peut théoriquement être effectué à partir de tout point déjà intégré au système de références. Il peut s'agir de points du morcellement foncier, d'éléments d'infrastructure ou de simples détails apparaissant sur la carte topographique. Toutefois, comme ces types de levés sont généralement associés à des besoins spécifiques et qu'ils relèvent de la topométrie simple, ils ne seront pas traités comme tel dans le présent guide. On présente plutôt les différents modes de levés qui reposent directement sur l'utilisation du réseau géodésique.

5.1 LES TECHNIQUES DE LEVÉS

Pour effectuer le rattachement d'un détail à partir d'un réseau géodésique urbain (3^{e} et 4^{e} ordres) on peut définir trois techniques de levés.

5.1.1 Levés directs à partir d'un point géodésique

Pour ces levés, on stationne le tachéomètre sur le point géodésique le plus près, on prélève une orientation sur un deuxième point géodésique et on mesure les directions, distances et angles verticaux avec les points qu'on désire rattacher. Ce mode de localisation est souvent désigné par le terme "rayonnement".

Figure 5.1

5.1.2 Levés à partir de stations intermédiaires

Quand les points à rattacher ne sont pas directement intervisibles avec les points géodésiques, on procède à l'implantation de une ou plusieurs stations intermédiaires pour ensuite effectuer des levés directs (rayonnement). Les stations intermédiaires seront matérialisées de façon temporaire, semi-permanente ou permanente suivant la politique adoptée par la municipalité, la firme contractante ou l'organisme-auteur.

Pour les cheminements comportant une ou deux stations, il sera suffisant d'orienter à une seule extrémité. Avec trois stations et plus, il est préférable d'orienter aux deux extrémités.

Figure 5.2

5.1.3 Levés par intersection, relèvement et rabattement

La technique de levé par intersection est utilisée quand les points au sol présentent une bonne densité alors que les techniques de relèvement et de rabattement sont utilisées quand on dispose de plusieurs points hauts (clocher, antenne, tour, cheminée, etc.) déjà connus en coordonnées.

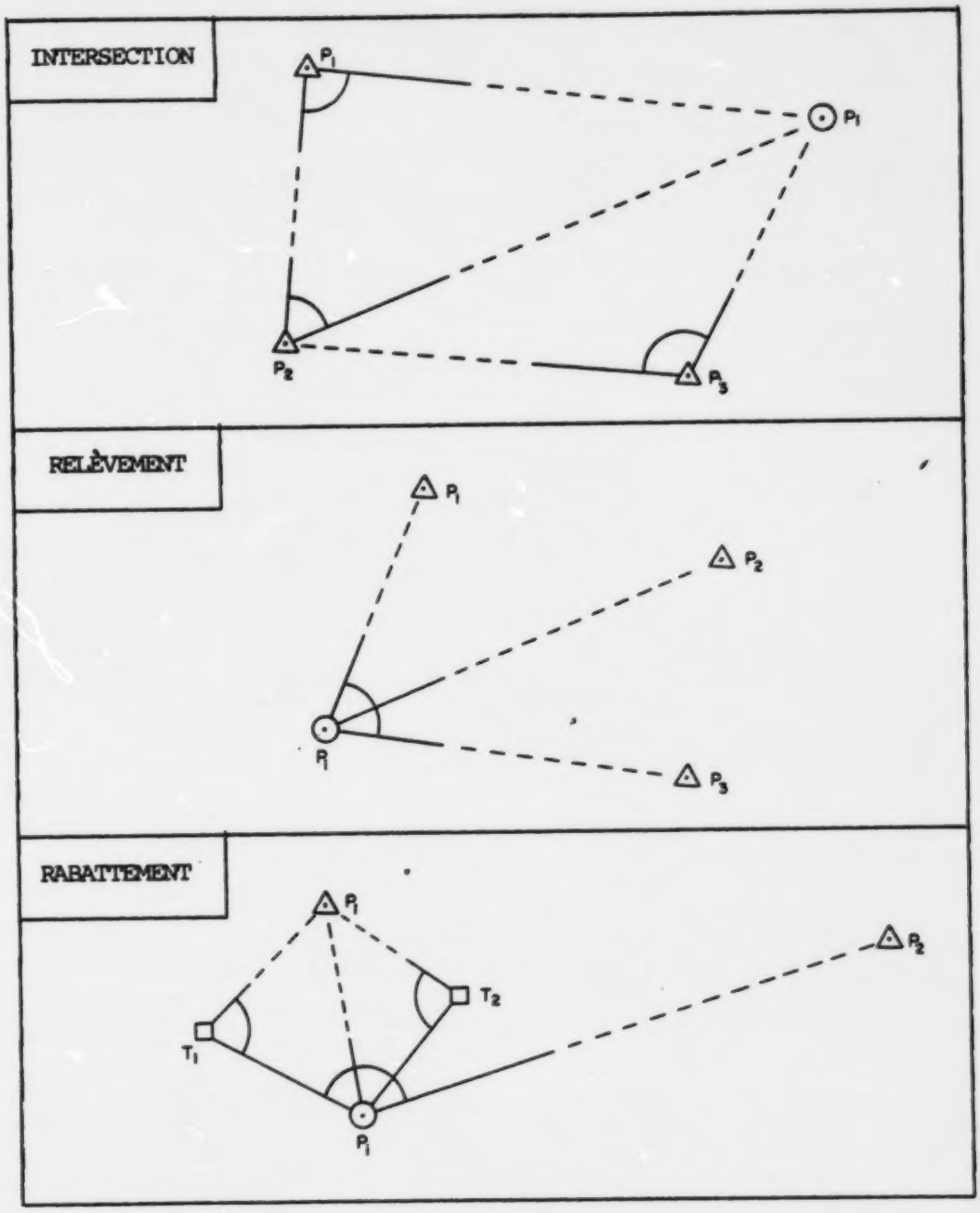


Figure 5.3

Pour chacune des techniques et tel qu'illustré précédemment, il est théoriquement possible de se limiter à deux points de référence. Pour le contrôle et la précision du levé, il est toutefois recommandé de considérer trois points de référence.

En terme de localisation, il demeure possible d'exploiter ces techniques pour relever directement des détails ou pour déterminer des stations intermédiaires.

5.2 LA CUEILLETTE DES DONNÉES

Les levés sur le terrain sont généralement réalisés à l'aide de théodolite et de télémètre électronique permettant la mesure des directions, des angles verticaux et des distances. À l'aide d'une mesure d'orientation sur des points géodésiques, les directions sont utilisées pour calculer les gisements alors que les distances et les angles verticaux servent conjointement au calcul des distances horizontales et des dénivelées.

Avec l'avènement des stations totales (tachéomètres électroniques) et des carnets de notes électroniques, le travail de terrain se trouve grandement facilité. Ces instruments offrent la mesure intégrée des trois types d'observations avec le calcul des distances horizontales et des dénivelées, l'enregistrement et le transfert des données terrain et même, pour certains modèles, le calcul des coordonnées sur le terrain.

Pour le prélèvement des observations relatif aux levés de détails, on peut se référer aux critères suivants:

[] Instrument de type tertiaire offrant les erreurs-standards suivantes:

- Directions (une série D/R) : $\sigma_d = \pm 6{,}0"$
- Angles verticaux (une série D/R): $\sigma_z = \pm 8{,}0"$
- Distances (3 mesures) : $\sigma_s = \pm$ (1 cm + 10 ppm)

[] Nombre de déterminations

- Directions et angles verticaux.

  Une détermination avec des mesures en lunette droite et en lunette renversée pour les stations intermédiares (cheminement polygonal).

Une détermination en lunette droite mais avec deux pointés successifs pour les levés directs.

- Distances

Deux mesures successives pour tous les types de levés.

[] Critères de fermeture

- Fermeture angulaire (F) pour les cheminements polygonaux de 4 stations et plus.

$$F = 12'' \sqrt{n + 1}$$

- Fermeture en position (P) pour les cheminements polygonaux.

$$P = \left[\frac{L}{200} + 1{,}0 \sqrt{n + 1} \right] cm$$

- Écart en position (T) entre deux rattachements directs d'un même détail.

$$T = \left[\frac{D}{30} + 1{,}5 \right] cm$$

n = nombre de côtés de la polygonale
L = longueur total du cheminement en mètres
D = distance du rattachement en mètres

5.3 LA RÉDUCTION DES OBSERVATIONS

Avant de passer au calcul des coordonnées dans le système de coordonnées planes du Québec (SCOPQ), il est nécessaire de procéder à la réduction de certaines observations.

Calcul du gisement

Le gisement d'une ligne allant d'un point stationné à un point à rattacher (Gi) se calcule simplement par l'addition du gisement de la visée de référence (Gr) à la direction observée avec le point à rattacher (Di).

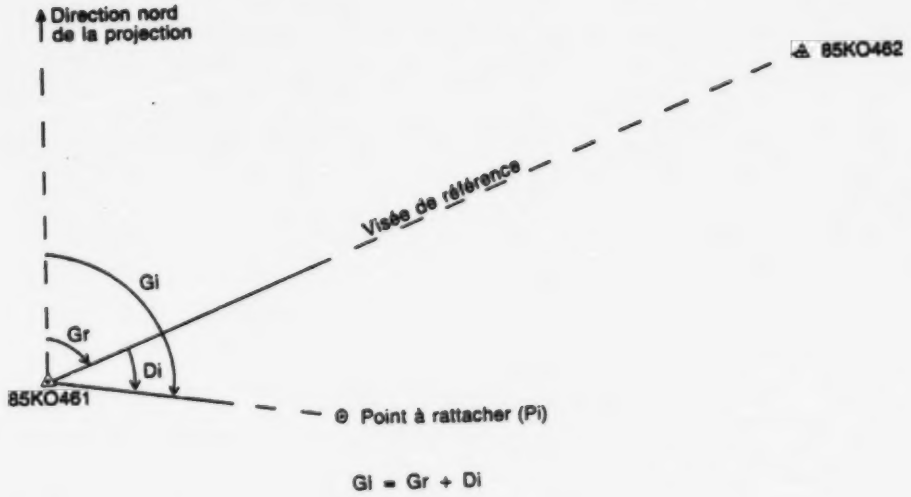


Figure 5.4

Les gisements entre les points géodésiques sont directement compilés sur les fiches signalétiques obtenues du ministère. Pour les stations intermédiaires, les gisements sont obtenus par l'addition successive des directions à partir de la visée de référence du point de départ.

Réduction des distances

Comme au niveau des canevas complémentaires, la correction atmosphérique utilisant les données de température et de pression est habituellement appliquée sur l'instrument lors du prélèvement des observations.

Les distances doivent ensuite être réduites à l'horizontale à partir des distances terrain (Dp) et des angles verticaux (z).

$$D_h = D_p \cdot \sin Z$$

Finalement, les distances sont traduites en projection à l'aide d'un facteur échelle combiné (K_c) suivant la technique démontrée dans la partie B.4 de l'annexe 2.

$$D = D_h \times K_c$$

Calcul des dénivelées

Les dénivelées sont également calculées à l'aide des distances terrain (D_p) et des angles verticaux (z):

$$H = D_p \cdot \cos Z$$

5.4 LE CALCUL DES COORDONNÉES

Pour les levés de détails, qu'on associe directement à l'exploitation de systèmes intégrés d'informations territoriales, la position des points sera toujours calculée en coordonnées rectangulaires dans le système SCOPQ.

Après avoir effectué la réduction des observations, il suffit d'appliquer aux observations réduites les règles simples de la trigonométrie plane pour obtenir les coordonnées des points relevés.

Les rattachements par intersection, relèvement et rabattement relèvent également de formules simples qu'on retrouve à la base des calculs topométriques.

Si les levés de détails ont nécessité l'établissement de nouveaux cheminements composés de stations intermédiaires, il est alors important de répartir les erreurs de fermeture. Dans ce cas, il est toutefois recommandé de se limiter à des règles simples de compensation comme COMPASS et CRANDALL, sans recourir à la méthode des moindres carrés.

ANNEXE 1

TRANSFORMATION DES COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES EN COORDONNÉES RECTANGULAIRES ET L'INVERSE

Les transformations de coordonnées requièrent au départ les dimensions de la surface de référence. L'ellipsoïde de révolution peut se définir uniquement à l'aide de deux paramètres mais pour simplifier les formules, il sera pratique d'utiliser les différentes valeurs et relations qui suivent:

Paramètres de l'ellipsoïde de Clarke 1866

Demi-axe équatorial	$a =$	6378206.4 mètres
Demi-axe polaire	$b =$	6356583.8 mètres
Aplatissement	$f = (a-b)/a$	$= 1/294.978698$
Rayon de courbure polaire	$r = a^2/b$	$= 6399902.55159$
Excentricité au carré	$e^2 = (a^2-b^2)/a^2$	$= 0.006768657997$
Excentricité mineure au carré	$e'^2 = (a^2-b^2)/b^2$	$= 0.006814784946$

Paramètres de l'ellipsoïde GRS 80

Demi-axe équatorial	$a =$	6378137.0 mètres
Demi-axe polaire	$b =$	6356752.3142 mètres
Aplatissement	$f =$	1/298.257223563

Fonctions de la latitude géodésique (ϕ)

Valeur accessoire		$V^2 = 1 + e'^2\cos^2\phi$
Rayon de courbure du méridien		$M = r/V^3$
Rayon de courbure du 1er vertical		$N = r/V$
Rayon de courbure dans l'azimut		$R\alpha = r/[V+(V^3-V)\cos^2\alpha]$
	ou	$R\alpha = MN/(M\sin^2\alpha+N\cos^2\alpha)$
Rayon de courbure moyen sur un point		$R = \sqrt{MN} = r/V^2$
Rayon d'un parallèle		$P = N\cos\phi$

ϕ : latitude géodésique

λ : longitude géodésique

ω : différence de longitude entre le point et le méridien central

B : longueur de l'arcméridien pour une latitude donnée

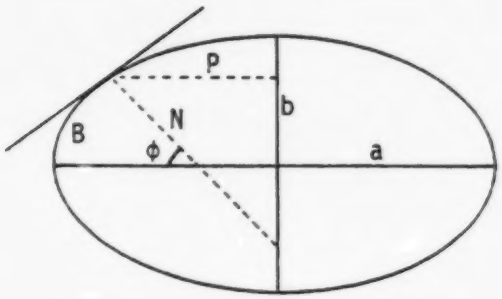


Figure (A1.1) Ellipse méridienne

A) Calcul de la longueur de l'arc méridien correspondant à ϕ et l'inverse

Pour la détermination des coordonnées x et y, la première valeur à calculer est la longueur de l'arc méridien qui sera le terme principal dans la coordonnée y. Comme ce terme relève d'un développement en série d'une dimension appréciable, nous allons le traiter séparément pour décharger les formules donnant directement les coordonnées x et y.

La formule générale, sous deux formes différentes, se présente comme suit:

$$B = A_0 r\phi - A_1 r \sin\phi\cos\phi(1+A_2\sin^2\phi+A_4\sin^4\phi+A_6\sin^6\phi) \qquad (A1.1)$$

où

$$A_0 = 1 - \frac{3}{4}e'^2\{1 - \frac{15}{16}e'^2[1 - \frac{35}{36}e'^2(1 - \frac{63}{64}e'^2)]\}$$

$$A_1 = \frac{3}{4}e'^2\{1 - \frac{25}{16}e'^2[1 - \frac{77}{60}e'^2(1 - \frac{837}{704}e'^2)]\}$$

$$A_2 = \frac{5}{8}e'^2[1 - \frac{139}{144}e'^2(1 - \frac{1087}{1112}e'^2)]$$

$$A_4 = \frac{35}{72}e'^4\left(1 - \frac{125}{64}e'^2\right)$$

$$A_6 = \frac{105}{256}e'^6$$

et

$$B = A_0 r\phi - \frac{3}{8}D_2 r e'^2 \sin 2\phi + \frac{15}{256}D_4 r e'^4 \sin 4\phi - \frac{35}{3072}D_6 r e'^6 \sin 6\phi \qquad (A1.2)$$

$$A_0 = 1 - \frac{3}{4}e'^2 + \frac{45}{64}e'^4 - \frac{175}{256}e'^6 + \frac{11025}{16384}e'^8$$

$$D_2 = 1 - \frac{5}{4}e'^2 + \frac{175}{128}e'^4 - \frac{735}{512}e'^6$$

$$D_4 = 1 - \frac{7}{4}e'^2 + \frac{147}{64}e'^4$$

$$D_6 = 1 - \frac{9}{4}e'^2$$

En valeurs numériques, pour l'ellipsoïde de Clarke 1866, on aurait pour la forme (A1.2):

$$B = 111\,132.08937\phi^\circ - 16\,216.9441 \sin 2\phi + 17.2094 \sin 4\phi - 0.0227 \sin 6\phi \qquad (A1.3)$$

Le premier terme est valable pour (ϕ) en degrés.

Pour (ϕ) en radians, $A_0 r$ = 6 367 399.6892

Pour la transformation inverse, soit des coordonnées rectangulaires aux coordonnées géographiques, on devra calculer (ϕ) en fonction de (B). Comme on ne connaît pas à ce moment la longueur de l'arc méridien (B), on pose B = y et on obtient ainsi la latitude du pied de la perpendiculaire qu'on notera (ϕ_1).

Par approximations successives, on a:

$$\phi_{(1)} = \frac{y}{A_0 r} \qquad (A1.4)$$

$$\phi_{(2)} = \phi_{(1)} + \frac{y - B_{(1)}}{A_0 r}$$

$$\phi_{(3)} = \phi_{(2)} + \frac{y - B_{(2)}}{A_0 r}$$

où

B est obtenu par la formule (A1.3)

ϕ est en degrés si on pose:

$A_0 r = 111\ 132.08935$

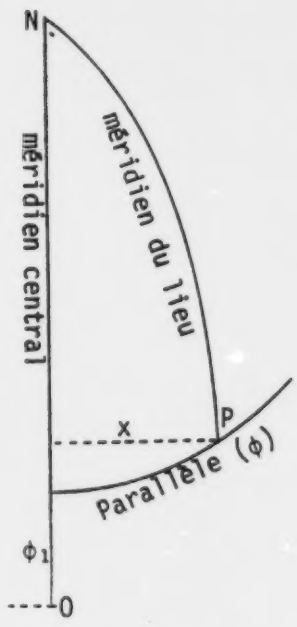


Figure (A1.2)

Généralement la troisième approximation sera suffisante pour obtenir (ϕ_1) à quatre décimales dans les secondes. On peut toutefois vérifier en posant:

$$\phi_1 = \phi_{(n)} \qquad \text{quand } (y - B_{(n)}) < 0.001 \text{ mètre.}$$

L'avantage de cette formule par approximations successives est qu'elle utilise une relation déjà disponible, soit (A1.3).

On peut cependant utiliser la relation suivante qui donne la valeur de (ϕ_1) directement:

$$\phi_1 = \frac{B}{m} + \frac{3}{8} e'^2 C_2 \sin 2\frac{B}{m^\circ} + \frac{21}{256} e'^4 C_4 \sin 4\frac{B}{m^\circ} + \frac{151}{6144} e'^6 C_6 \sin 6\frac{B}{m^\circ} \qquad (A1.5)$$

où

$B = y$

$m = A_0 r$ = 6 367 399.6892 mètres, pour 1 radian

$m^\circ = A_0 r/\rho^\circ$ = 111 132.08935 mètres, pour 1 degré

$$C_2 = 1 - \frac{e'^2}{2} + \frac{71}{256}e'^4 - \frac{85}{512}e'^6$$

$$C_4 = 1 - e'^2 + \frac{533}{672}e'^4$$

$$C_6 = 1 - \frac{3}{2}e'^2$$

En valeur numérique, pour l'ellipsoïde de Clarke 1866, on a

$$\phi_1^\circ = \frac{B}{m^\circ} + 0.1459248684\sin 2\frac{B}{m^\circ} + 0.0002167967\sin 4\frac{B}{m^\circ} + 0.0000004411\sin 6\frac{B}{m^\circ} \quad (A1.6)$$

ici (ϕ_1) sera obtenu en degrés.

B) Transformation des coordonnées géographiques en coordonnées rectangulaires

$$x = a_1\omega + a_3\omega^3 + a_5\omega^5 + \ldots$$
$$y = B + a_2\omega^2 + a_4\omega^4 + a_6\omega^6 + \ldots \quad (A1.7)$$

$\omega = (\lambda_0 - \lambda)/\rho^\circ$ $\qquad \rho^\circ = 57.295779513$

B = longueur de l'arc méridien , cf. partie A)

$a_1 = r/\sqrt{(1/\cos\phi)^2 + e'^2}$

$a_2 = \frac{1}{2}a_1\sin\phi$

$$a_3 = \frac{1}{6}a_1(-1+2\cos^2\phi+e'^2\cos^4\phi)$$

$$a_4 = \frac{1}{12}a_2(-1+6\cos^2\phi+9e'^2\cos^4\phi+4e'^4\cos^6\phi)$$

$$a_5 = \frac{1}{120}\,a_1[1-20\cos^2\phi+(24-58e'^2)\cos^4\phi+72e'^2\cos^6\phi + \ldots]$$

$$a_6 = \frac{1}{360}\,a_2(1-60\cos^2\phi+120\cos^4\phi+ \ldots)$$

finalement:

$$X = X_o + K_o x$$
$$Y = K_o y \qquad (A1.8)$$

pour UTM X_o = 500 000 mètres, K_o = 0.9996

pour SCOPQ X_o = 304 800 mètres, K_o = 0.9999

Le numéro de fuseau (F) est obtenu par:

$$F = \frac{180^\circ-\lambda}{6^\circ} + 1 \quad \text{(entier inférieur), pour UTM}$$

$$F = \frac{\lambda-51^\circ}{3^\circ} + 1 \quad \text{(entier inférieur), pour SCOPQ}$$

C) Transformation des coordonnées rectangulaires en coordonnées géographiques

$$\phi = \phi_1 + (b_2x^2 + b_4x^4 + b_6x^6 + \ldots) \times \rho^\circ$$
$$\lambda = \lambda_0 + (b_1x + b_3x^3 + b_5x^5 \ldots) \times \rho^\circ \qquad (A1.9)$$

ϕ_1 = latitude du pied de la perpendiculaire

λ_0 = longitude du méridien central

$\lambda_0 = 180° - (6° \times F) + 3°$ pour UTM

$\lambda_0 = 51° + (3° \times F) - 1°.5$ pour SCOPQ

$b_1 = -\sqrt{(1/\cos\phi_1)^2 + e'^2}/r$

$b_2 = -\frac{1}{2} b_1^2 \sin\phi_1 \cos\phi_1 (1 + e'^2 \cos^2\phi_1)$

$b_3 = -\frac{1}{6} b_1^3 (2 - \cos^2\phi_1 + e'^2 \cos^4\phi_1)$

$b_4 = -\frac{1}{12} b_1^2 b_2 [3 + (2 - 9e'^2)\cos^2\phi_1 + 10e'^2 \cos^4\phi_1 - 4e'^4 \cos^6\phi_1]$

$b_5 = \frac{1}{120} b_1^5 [24 - 20\cos^2\phi_1 + (1 + 8e'^2)\cos^4\phi_1 - 2e'^2 \cos^6\phi_1 + \ldots]$

$b_6 = \frac{1}{360} b_1^4 b_2 (45 + 16\cos^4\phi_1 + \ldots)$

ANNEXE 2

CALCUL DU NIVELLEMENT TRIGONOMÉTRIQUE ET RÉDUCTION DES DISTANCES

A) CALCUL DU NIVELLEMENT TRIGONOMÉTRIQUE

Tel que présenté à la section 5.3, le nivellement trigonométrique peut avantageusement être substitué au nivellement géométrique pour la détermination altimétrique des points géodésiques du 4e ordre. Pour être en mesure de publier les altitudes au cm, il est nécessaire de procéder par observations réciproques.

A.1 Nivellement trigonométrique réciproque

Avec ce type de nivellement, il demeure possible d'employer deux formules suivant qu'on désire calculer les dénivelées au cm ou au mm près.

A.1.a Formule approximative

$$h_2 - h_1 = D_p \times \sin Z_o \qquad \text{(A2.1)}$$

$$Z_o = [(Z_2 - Z_1)/2] + dZ$$

$$dZ = \frac{[(i_1+S_1)-(i_2+S_2)] \times \rho}{2D_p}$$

pour dZ^o, ρ = 57.29578
pour dZ", ρ = 206264.8 ou 1/sin 1"

où

h_2-h_1 = dénivelée entre les deux points en mètres

D_p = distance suivant la pente en mètres

Z = distances zénithales observées

i = hauteur d'instrument en mètres

S = hauteur de signal en mètres

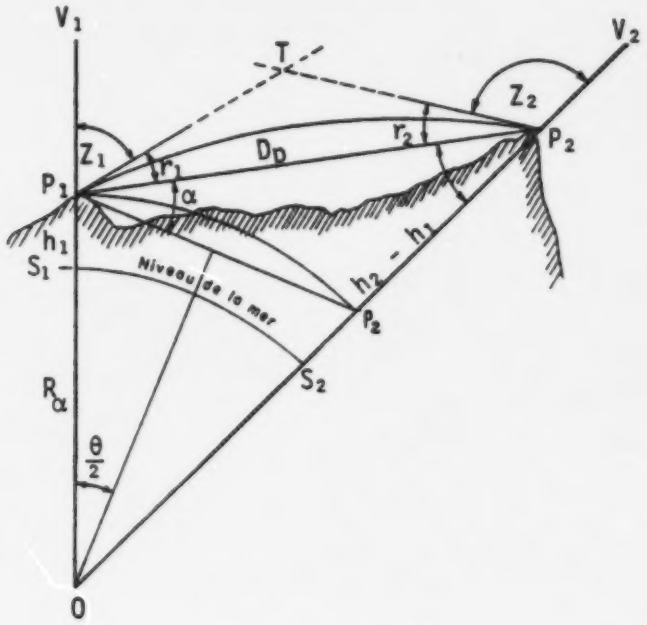


Figure (A2.1)

A.1.b **Formule exacte**

Avec cette formule, la précision de la dénivelée sera directement associée à la précision des observations.

$$h_2 - h_1 = D_p \times \sin Z_o \times B \times C \qquad \text{(A2.2)}$$

$$Z_o = [(Z_2 - Z_1)/2] + dZ$$

$$dZ = \frac{[(i_1+S_1)-(i_2+S_2)] \times \rho}{2Dp}$$

pour dZ^o, $\rho = 57.29578$

pour dZ'', $\rho = 206264.8$ ou $1/\sin 1''$

$$B = 1 + \frac{Dp}{2R} \sin Z_o$$

$$C = 1 + \frac{Dp^2}{12R^2}$$

où

h_2-h_1 = dénivelée entre les deux points en mètres
D_p = distance suivant la pente en mètres
Z = distances zénithales observées
i = hauteur d'instrument en mètres
S = hauteur du signal en mètres
R = rayon terrestre moyen pour le sud du Québec (6.378×10^6 mètres)

A.2 Nivellement trigonométrique non-réciproque

Ce type de nivellement ne sera employé sur les canevas que s'il existe un problème de réciprocité sur les visées. Il sera par contre d'usage courant dans les levés de détails.

Dans un calcul de dénivelée à l'aide d'observations non-réciproques, on doit tenir compte de la courbure et de la réfraction, si on désire contrôler le cm. La courbure ne présente pas de problème car elle possède une définition géométrique exacte. La réfraction, quant à elle, peut présenter de bonnes variations car elle est directement associée au milieu ambiant. La figure A2.2 illustre la relation qui existe entre la distance zénithale mesurée, la courbure et la réfraction, en utilisant deux points à la même altitude.

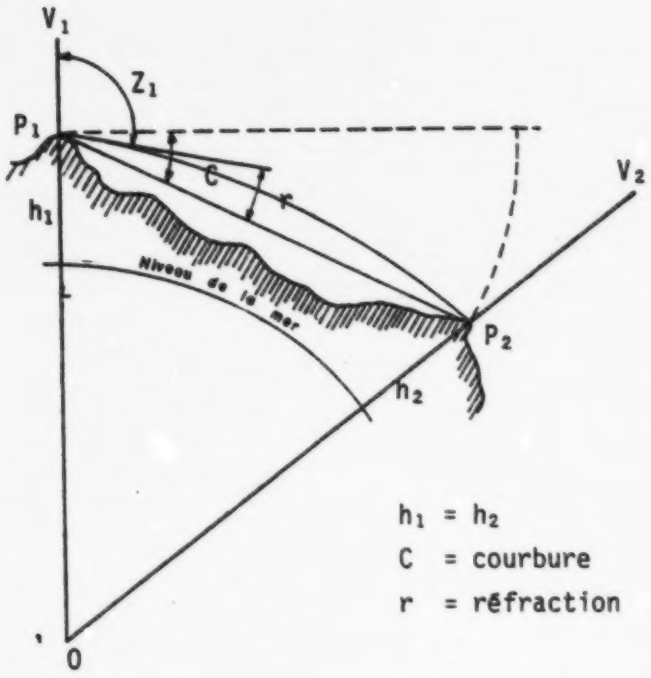


Figure (A2.2)

Pour le calcul de la dénivelée, la formule à utiliser sera la suivante:

$$h_2 - h_1 = D_p \cos Z_1 + \frac{D_p^2}{2R} (\sin^2 Z_1 - K \sin Z_1) \qquad (A2.3)$$

Le coefficient de réfraction (K) peut être calculé à l'aide d'observations réciproques effectuées si possible dans les mêmes conditions.

$$1-K = \frac{(Z_2+Z_1-180+dZ)R}{D_p\ x} \qquad (A2.4)$$

$$dZ = \frac{[(S_1+S_2)-(i_1+i_2)]\ x}{D_p}$$

$$= 57°.29578$$

Quand il n'est pas possible de calculer le coefficient de réfraction, la valeur moyenne à utiliser est 0.125.

B) RÉDUCTION DES DISTANCES

Pour s'intégrer au système de référence, toute distance mesurée sur le terrain doit subir des corrections pour les conditions météorologiques, la pente, l'altitude au-desssus du niveau moyen de la mer (NMM) et le passage à la projection.

B.1 Corrections météorologiques

Les formules générales permettant de calculer cette correction pour les différents télémètres ne sont pas d'usage facile. Elles utilisent l'indice de calibration et à la longueur d'onde porteuse de l'appareil et nécessitent le prélèvement des températures sèches et humides.

De nombreux télémètres offrent la possibilité d'appliquer cette correction directement sur l'appareil en utilisant seulement la pression et la température sèche. On peut également calculer cette correction à l'aide de formules simplifiées qui utilisent les mêmes données et qui sont généralement fournies par le fabricant.

B.2 Correction pour la pente

Cette correction quoique simple d'application est généralement la plus importante en valeur numérique, du moins dans les régions accidentées. On peut l'appliquer à l'aide d'un angle vertical ou en utilisant les deux altitudes. Cette dernière est plus précise et particulièrement recommandée parce qu'elle utilise des données déjà contrôlées dans le nivellement.

B.2.1 À l'aide d'un angle vertical

$$D_h = D_p \cos Z_o \qquad \text{(A2.5)}$$

$Z_o = \frac{Z_2 - Z_1}{2}$ avec 2 distances zénithales

$Z_o = 90 - (Z_1 - Q)$ avec 1 distance zénithale

$Q'' = .013\ D_p$ = coefficient moyen de courbure et réfraction en sec.

D_h = distance horizontale en mètres

D_p = distance en pente corrigée pour la météo et exprimée en mètres

Z = distance zénithale

B.2.2 À l'aide des altitudes

$$C_p = \frac{\Delta H^2}{2D_p} + \frac{\Delta H^4}{8D_p^3} \qquad \text{(A2.6)}$$

C_p = correction pour la pente

$\Delta H = (h_2 + i_2) - (h_1 + i_1)$

h = altitude des points

i = hauteur d'instrument ou de signaux

$$D_h = D_p - C_p$$

B.3 Correction pour la réduction au niveau moyen de la mer (NMM)

$$C_n = \frac{D_h \times H}{(R+H)} \qquad (A2.7)$$

C_n = correction pour la réduction au NMM

$H = \frac{(h_2+i_2)+(h_1+i_1)}{2}$ = altitude moyenne de la ligne

$R = 6.378 \times 10^6$ = rayon terrestre moyen

$$\boxed{D_c = D_h - C_n}$$

Si on travaille à une altitude inférieure à 300 mètres sur un terrain relativement plat (Δh < 30 mètres) alors on peut utiliser pour la réduction au NMM, l'altitude moyenne de la région (H_m). À ce moment, la correction peut s'appliquer à l'aide d'un facteur altitude qu'on notera "K_n".

$$K_n = 1 - \frac{Hm}{(R+Hm)} \qquad (A2.8)$$

$$\boxed{D_c = D_h \times K_n}$$

D_c = distance réduite au NMM (sur l'ellipsoïde)

B.4 Correction pour le passage en projection

Pour passer d'une distance réduite à l'ellipsoïde (D_c) à une distance en projection, on utilise théoriquement le facteur-échelle local de la projection. Le facteur-échelle est disponible sur les fiches signalétiques de GEODEQ pour chacun des points du réseau géodésique québécois.

À l'intérieur d'un territoire de dimension restreinte (une municipalité par exemple), il est possible et avantageux d'utiliser un facteur-échelle moyen. Le facteur est alors calculé à l'aide de 3 ou 4 points géodésiques bien répartis sur le territoire.

Finalement, si on considère la réduction au N.M.M. et la réduction en projection, on constate qu'il s'agit en fait de deux corrections d'échelle. En combinant le facteur-altitude au facteur-échelle moyen de la projection, il devient possible, pour un territoire donné, de passer directement des distances horizontales (terrain) aux distances en projection. Ce facteur combiné se présente bien sous forme de tableau en fonction de l'altitude et de la distance du méridien central.

FACTEUR ALTITUDE ET FACTEUR ÉCHELLE COMBINÉS (K_C)
POUR LA PROJECTION MTM 3°, OU K_o = 0.9999

ALTITUDE (mètre)	DISTANCE EN KM PAR RAPPORT AU MÉRIDIEN CENTRAL											
	0	15	30	45	60	70	80	90	100	110	120	130
0	.999900	.999903	.999911	.999925	.999944	.999960	.999979	.999999	1.000023	1.000049	1.000077	1.000108
50	.999892	.999895	.999903	.999917	.999936	.999952	.999971	.999992	1.000015	1.000041	1.000069	1.000100
100	.999884	.999887	.999895	.999909	.999929	.999945	.999963	.999984	1.000007	1.000033	1.000061	1.000092
150	.999876	.999879	.999888	.999901	.999921	.999937	.999955	.999976	.999999	1.000025	1.000053	1.000084
200	.999869	.999871	.999880	.999894	.999913	.999929	.999947	.999968	.999991	1.000017	1.000046	1.000076
250	.999861	.999864	.999872	.999886	.999905	.999921	.999939	.999960	.999984	1.000009	1.000038	1.000068
300	.999853	.999856	.999864	.999878	.999897	.999913	.999932	.999952	.999976	1.000002	1.000030	1.000061
400	.999837	.999840	.999848	.999862	.999882	.999897	.999916	.999937	.999960	.999986	1.000014	1.000045
500	.999822	.999824	.999833	.999846	.999866	.999882	.999900	.999921	.999944	.999970	.999998	1.000029
600	.999806	.999809	.999817	.999831	.999850	.999866	.999885	.999905	.999929	.999955	.999983	1.000014
700	.999790	.999793	.999801	.999815	.999834	.999850	.999869	.999890	.999913	.999939	.999967	.999998
800	.999775	.999777	.999786	.999799	.999819	.999835	.999853	.999874	.999897	.999923	.999951	.999982
900	.999759	.999762	.999770	.999784	.999803	.999819	.999838	.999858	.999882	.999908	.999936	.999966
1000	.999743	.999746	.999754	.999768	.999787	.999803	.999822	.999843	.999866	.999892	.999920	.999951

NOTE: Ce tableau se réfère à la latitude 47° mais demeure valable 3° de part et d'autre, soit de 44° à 50° de latitude.

ANNEXE 3

PRINCIPAUX FORMULAIRES DE COMPILATION

. GEODEQ - Description d'un point de canevas ..... p.

. Observations planimétriques de directions et distances ..... p.

. Observations de nivellement géométrique ..... p.

. Observations de nivellement trigonométrique ..... p.

NOTE: La compilation des observations peut également être présentée sur support informatique dans les formats qui sont spécifiés par le Service de la géodésie.

Service de la géodésie

GÉODÉSIE

DESCRIPTION D'UN POINT DE CANEVAS

MATRICULE 01 P 05 E 07 A 7 21 1 3 NUMÉRO LSC001

REPÈRE GÉODÉSIQUE LSC001

46 54 14 71 22 00 21 L 14 200 0201

20510 LAC ST-CHARLES QUÉBEC

ORIGINE 20510M 1985 I39X85

ACCÈS ET SITUATION TOPOGRAPHIQUE

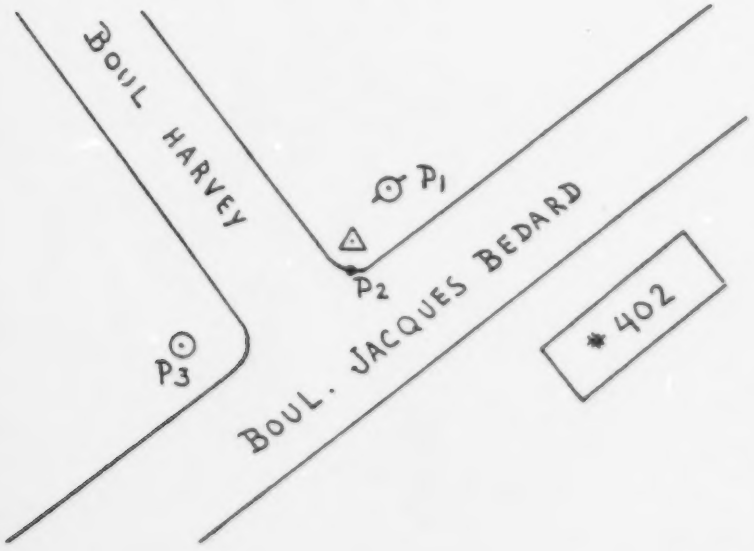
1 LE POINT EST SITUÉ AU NORD DE L'INTERSECTION DU BOUL HARVEY ET DU BOUL JACQUES-BÉDARD, PRESQU'EN FACE DU NO. CIVIQUE 402, BOUL JACQUES-BÉDARD.

A

MUN. LAC ST-CHARLES

510 RUE DELAGE OUEST LAC ST-CHARLES

BALISE	B 291	H	1260
P1 BORNE-FONTAINE	B 76	H	460
P2 BORDURE DU PAVAGE	B 241	H	081
P3 LAMPADAIRE	B 291	H	1260



Service de la Géodésie

TABLEAU RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS

PROJET Nº J07X85

POINT STATIONNÉ Nº LBA003

ANNÉE D'ÉTABLISSEMENT 1985

ORGANISME D'ORIGINE 94190M

NUMÉRO DES POINTS VISÉS	MOYENNE DES DIRECTIONS RÉDUITES	NOMBRE DE BONNES SÉRIES (1)	INSTRUMENT UTILISÉ	DATE DE L'OBSERVATION	MOYENNE DES DISTANCES RÉDUITES	NOMBRE DE BONNES (2) DÉTERMINATIONS	INSTRUMENT UTILISÉ	DATE DE L'OBSERVATION	VÉRIFIÉ
LBA004	0° 00' 00"	2	T-2	85-06-22	296.917	2	DI-3S	85-06-22	
75K0049	88°59'59.1"	2	T-2	"	126.220	2	DI-3S	"	
84K0335	274°47'56.5"	2	T-2	"	210.713	2	DI-3S	"	

(1) SÉRIE: 2 TOURS D'HORIZON i.e. C à G., C à D.

(2) UNE BONNE DÉTERMINATION, (AU TELLUROMÈTRE) UNE DOUBLE MESURE.

Préparé le: 85/07/02 par: Y.V.

Vérifié le: 85/07/02 par: B.B.

EMR - 2340-10 (80-10)

99

Ministère de l'Energie et des Ressources
Direction des Relevés Techniques
SERVICE DE LA GÉODÉSIE

NIVELLEMENT GÉOMÉTRIQUE

PAGE 1 DE

TABLEAU RÉSUMÉ DES OPÉRATIONS

Région LA BAIE — Maille N° — Niveau ZEISS NI-2 (I) — Responsable Jean-Guy Tremblay
Projet N° 307X85 — Année 1985 — Mires HULTAFORS — Chef d'équipe Benoit Fillion
NIVELLEMENT : ☑ de canevas ☐ de détail

REPÈRES DE	REPÈRES A	CARNET N°	CARNET P	OPÉRATEUR	DATE	HEURES DÉPART	HEURES ARRIVÉE	OBSERVATIONS MÉTÉO : VALEUR NOTÉE SUR LA SECTION SOLEIL	VENT	C° OU F°	NOMBRE DE STATIONS	DÉNIVELÉE A OU R	DÉNIVELÉE INDIVIDUELLE	DÉNIVELÉE MOYENNE (☑ m ☐ pi)	0.016 VK ÉCART INDIVIDUEL	ÉCART CUMULÉ	ÉCART PERMIS	DISTANCE STADIMÉTRIQUE (I)	DISTANCE km ou mi	DISTANCE CUMULÉE	ALTITUDE BRUTE	NUMÉRO DU REPÈRE	LATITUDE φ	LONGITUDE λ
	84KZ633																				68.482	84KZ633		
84KZ633	LBA064	11	21	J.T.	85-07-04						2	A	3.576	3.576				69	.069		72.058	LBA064		
LBA064	84KZ633	5	6	R.G.	84-12-12						2	R	-3.576					66	.066		68.482	84KZ633		
															f. permise =			±0.004			ΔH = 0.00			
	84KZ626																				56.204	84KZ626		
84KZ626	LBA050	12	10	J.T.	85-07-04						7	A	-17.440					266	.266	.266	38.764	LBA050		
LBA050	LBA049	12	20	J.T.	85-07-05						4	A	-9.602					216	.216	.482	29.162	LBA049		
LBA049	68K1805	12	21	J.T.	85-07-05						2	A	-1.251					176	.176	.658	27.911	68K1805		
																					27.910			
															f. permise =			±0.013			ΔH = +0.001			
	68K1827																				19.600	68K1827		
68K1827	LBA029	3	14	R.G.	84-12-11						2	A	3.355					158.7	0.159	0.159	22.955	LBA029		
LBA029	LBA031	3	13	R.G.	84-12-11						3	A	5.320					165.3	0.165	0.324	28.275	LBA031		
LBA031	LBA032	3	12	R.G.	84-12-11						2	A	2.496					155.7	0.156	0.480	30.771	LBA032		
LBA032	LBA033	11	9	J.T.	85-07-03						8	A	23.782					269	0.269	0.749	54.553	LBA033		
LBA033	LBA034	11	12	J.T.	85-07-03						3	A	-7.172					163	0.163	0.912	47.381	LBA034		
LBA034	LBA035	11	13	J.T.	85-07-03						2	A	-5.135					143	0.143	1.055	42.246	LBA035		
LBA035	LBA020	4	4	R.G.	84-12-11						8	A	-19.614	-19.612				251	0.251	1.306	22.634	LBA020		
		14	11	J.T.	85-07-09						8	R	-19.610					251	0.251	—				
LBA020	660R	4	5	R.G.	84-12-11						2	A	-2.169					1218	0.182	1.488	20.465	660R		
																					20.454			
															f. Permise =			±0.020			ΔH = +0.011			

(I) CONSTANTE STADIMÉTRIQUE = 300

VÉRIFIÉ PAR J.T. DATE 85.08.07

SOLEIL : Nuageux ; Partiellement nuageux ; Ensoleillé

VENT : 0 à 10 km/h → 0 ; 10 à 25 km/h → 1 ; > 25 km/h → 2 (CODE)

Ministère de l'Énergie et des Ressources
Direction des Relevés Techniques
SERVICE DE LA GÉODÉSIE

NIVELLEMENT TRIGONOMÉTRIQUE

COMPILATION DES DONNÉES ET
TABLEAU RÉSUMÉ DES OPÉRATIONS

PROJET No J45X85 ANNÉE 1985 RÉGION ST-ROMUALD

POINT 1 NUMÉRO	POINT 1 HI	POINT 1 HS	POINT 1 Z	POINT 1 HEURE	POINT 2 NUMÉRO	POINT 2 HI	POINT 2 HS	POINT 2 Z	POINT 2 HEURE	DONNÉES ACC relatives à Z DATE m/j	DONNÉES ACC relatives à Z N	DONNÉES ACC relatives à Z INST	DISTANCE EN PENTE (mètres)	DIST CUM (km)	COEFF DE RÉFRACT (k_m)	DÉNIVELÉE INDIV	DÉNIVELÉE MOY	ALTITUDE BRUTE	NUMÉRO du REPÈRE	LATITUDE φ	LONGITUDE λ
					68K1934													4.320	68K1934	GEOM.	
68K1934	2.054	2.088	89°57'40"	13:08	SRM109	1.811	1.783	90°01'56"	13:20	08/26	1	AGA 140	133.690	0.133		+0.357		4.677	SRM109		
SRM109	1.811	1.921	90°16'55"	14:01	68K1935	1.874	1.735	89°44'17"	14:17	08/26	1	"	64.570	0.198		-0.245		4.432	68K1935	GEOM.	
																		4.430			
													f. permise = ±0.010					ΔH=+0.002			
					SRM109									0.133				4.677	SRM109		
SRM109	1.811	1.652	78°22'56"	14:06	SRM012	1.677	1.626	101°42'20"	14:22	08/26	1	AGA 140	132.727	0.265		+26.907		31.584	SRM012		
SRM012	1.677	1.736	88°09'56"	14.30	SRM010	1.872	1.931	91°42'45"	14:35	08/26	1	"	59.385	0.324		+ 1.643		33.227	SRM010		
SRM010	1.872	1.781	89°06'28"	14:40	SRM011	1.792	1.691	90°59'53"	14:45	08/26	1	"	104.965	0.429		+ 1.816		35.043	SRM011		
SRM011	1.792	1.751	87°50'49"	14:50	SRM013	1.722	1.560	92°15'07"	14:58	08/26	1	"	114.190	0.543		+ 4.519		39.562	SRM013		
SRM013	1.722	1.667	86°51'56"	15:07	SRM008	1.547	1.375	93°15'04"	15:15	08/26	1	"	107.740	0.651		+ 6.234		45.796	SRM008		
SRM008	1.547	1.473	90°51'20"	15:28	SRM133	1.565	1.670	89°05'45"	15:36	08/26	1	"	48.873	0.700		- 0.858		44.938	SRM133		
SRM133	1.565	1.589	93°47'48"	15:45	SRM007	1.599	1.481	86°17'13"	15:53	08/26	1	"	60.405	0.760		- 3.919		41.019	SRM007		
SRM007	1.599	1.627	93°32'23"	16:09	SRM006	1.775	1.785	86°26'48"	16:20	08/26	1	"	169.680	0.929		-10.663		30.356	SRM006		
SRM006	1.775	1.606	90°00'43"	16:30	78K0507	1.703	1.665	90°04'13"	16:40	08/26	1	"	137.493	1.067		+ 0.076		30.432	78K0507	GEOM.	
																		30.450			
													f. permise = ± 0.022					ΔH=0.018			

EMF 7360-34 (85-04)
NOTE Les ombres de fermeture à obtenir sont données à l'article 9.3.5.4 tome 2 (1985)

LATITUDE MOY DE LA RÉGION
RAYON MOY CORRESPONDANT

COMPILÉ PAR Gilles Pagé DATE 85.11.08
VÉRIFIÉ PAR M. MacLeod DATE 85.11.11

68 I

ANNEXE 4

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU DE 4e ORDRE URBAIN

A) DÉTERMINATION PLANIMÉTRIQUE

Méthode de détermination: par cheminements polygonaux entre les points du réseau de base (2e et 3e ordres).

L'intersection et le relèvement peuvent également être utilisés pour l'établissement de points isolés.

Structure: On cherchera à obtenir des parcours rectilignes entre les points d'appui ou les points nodaux et à utiliser des visées équilibrées. Sur chaque point d'appui, il est important de trouver une orientation sur un autre point du réseau de base.

Densité moyenne	: 10 points au km^2
Espacement moyen des repères	: 200 mètres
Espacement moyen des polygonales	: 400 mètres
Nombre maximum de côtés entre points d'appui ou nodaux	: 8 côtés

Précision

Écart-type standard en position	: 2 cm
Erreur-standard sur les directions	: 3.4 sec.
Erreur-standard sur les distances	: 1 cm
Centrage des instruments	: ± 1.5 mm
Critère de fermeture angulaire	: $8" \sqrt{N + 1}$
en position	: 1/15 000

B) DÉTERMINATION ALTIMÉTRIQUE

Méthode de détermination: par nivellement direct (géométrique) ou nivellement trigonométrique. Le nivellement sera principalement appuyé sur les points géodésiques du 3e ordre avec un minimum de contrôle sur des repères altimétriques. Pour des raisons d'économie, on devra privilégier l'utilisation du nivellement trigonométrique.

B.1 Nivellement direct

Nivellement géométrique de type tertiaire avec la méthode des 3 fils (voir le fascicule 2 des normes d'exécution du S.G.Q.).

Cheminement simple

Longueur maximum des visées	:	80 mètres
Débalancement maximum cumulé	:	20 mètres
Précision; écart-type standard en altitude	:	2 cm
critère de fermeture sur les boucles:		16 mm $\sqrt{K}$
sur les cheminements:		24 mm $\sqrt{K}$

B.2 Nivellement trigonométrique

Nivellement trigonométrique bien contôlé offrant une précision équivalente à celle du nivellement direct proposé.

Observations réciproques effectuées dans des conditions météorologiques similaires.

Précision; écart-type standard en altitude	:	2 cm
écart-standard sur les angles vert.	:	5"
hauteur d'instrument	:	± 2 mm
critère de fermeture sur les boucles:		7 mm $\sqrt{N}$
sur les cheminements:		10 mm $\sqrt{N}$

ANNEXE 5

SIGNES CONVENTIONNELS

REPÈRES

PLANIMÉTRIE

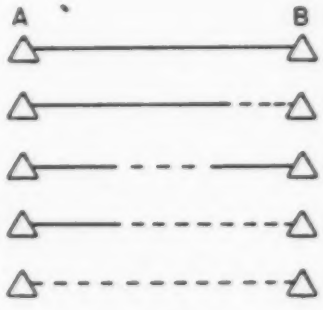
1er ordre	
2e ordre	
3e ordre	
4e ordre	
intersecté	
non classé	
temporaire	

ALTIMÉTRIE

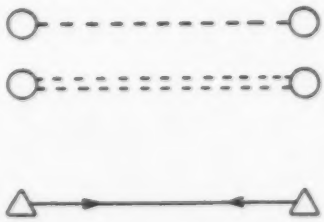
1er ordre	
2e ordre	
3e ordre	
4e ordre	
trigonométrique	
non classé	
temporaire	

LIGNES

PLANIMÉTRIE



ALTIMÉTRIE



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des
Ressources (Secteur Terres)

SERVICE DE LA GÉODÉSIE